DE

L'OROGRAPHIE DES ALPES

DANS SES RAPPORTS

AVEC LA GÉOLOGIE.

(Avec une carte des Alpes).

Par E. DESOR.

NEUCHATEL
IMPRIMERIE DE H. WOLFRATH ET METZNER.
1862.

à M. Th. Gaudin
hommage de
l'Auteur

DE

L'OROGRAPHIE DES ALPES

DANS SES RAPPORTS

AVEC LA GÉOLOGIE.

DE

L'OROGRAPHIE DES ALPES

DANS SES RAPPORTS

AVEC LA GÉOLOGIE.

(Avec une carte des Alpes).

Edouard

Par E. DESOR.

NEUCHATEL
IMPRIMERIE DE H. WOLFRATH ET METZNER.
—
1862.

Il nous a semblé que ce travail, résumé d'une série de communications faites à la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel, pendant l'hiver de 1861 à 1862, pourrait fournir quelques points de vue utiles à l'enseignement de la géographie des Alpes. C'est ce qui nous a engagé à en faire un tirage à part.

Combe-Varin, le 1er août 1862.

L'Auteur.

DE L'OROGRAPHIE DES ALPES

DANS

SES RAPPORTS AVEC LA GÉOLOGIE.

Les Alpes ont été, dans ces derniers temps, l'objet de travaux si considérables, tant de la part des Etats dont elles ressortent que des particuliers, qu'il vaut bien la peine de s'y arrêter de temps en temps, pour se rendre compte des résultats obtenus et des progrès réalisés.

Ces résultats et ces progrès peuvent se coordonner sous deux chefs principaux, l'un orographique, l'autre géologique. Dans chacun de ces domaines, nous avons vu l'expérience corroborer et confirmer, d'année en année, les vues énoncées par les fondateurs de la géologie alpine moderne, MM. Studer et Escher.

Au point de vue *orographique*, on peut envisager comme un fait aujourd'hui acquis à la science, que les Alpes, au lieu de former une chaîne centrale, flanquée de chaînes secondaires parallèles, sont au contraire composées d'une série de groupes ou massifs d'une étendue limitée, ayant chacun un noyau cristallin de forme en général ellipsoïde, qui peut être envisagé comme le centre du massif. Ces ellipsoïdes sont tantôt parallèles, tantôt disposés comme les cases d'un échiquier.

Au point de vue *géologique*, il devient tous les jours plus évident que les roches des Alpes n'ont rien d'exceptionnel, mais qu'elles sont formées des mêmes terrains que les autres chaînes de montagnes, quoiqu'affectant souvent un aspect tout particulier. Les étages divers des formations crétacée, jurassique et triasique ne sont plus des phénomènes propres aux montagnes de la Suisse. On les a retrouvés dans toute

l'étendue des Alpes et bientôt il ne restera plus un seul lambeau de terrain stratifié qui ne soit susceptible de détermination.

PARTIE OROGRAPHIQUE.

M. Studer, dans sa « *Géologie de la Suisse* », distingue dix-neuf massifs dans la partie occidentale de la chaîne alpine, depuis les Alpes Liguriennes à l'O. jusqu'à l'Adige. Ce nombre doit nécessairement être beaucoup plus considérable, du moment qu'on étend cette classification à toute la chaîne, comme nous allons essayer de le faire dans le présent travail. Nous croyons pouvoir distinguer dès à-présent trente-cinq massifs distincts; il est probable que le nombre en sera augmenté, quand on aura complété l'étude des Alpes orientales.

Il suffit d'un coup-d'œil jeté sur la carte qui accompagne cette notice, pour voir que l'allure des massifs cristallins n'est rien moins qu'uniforme. Aux extrémités de la chaîne, ils sont bien circonscrits et entourés de tous côtés de terrains sédimentaires, qui les isolent complètement des massifs adjacents, en sorte que chaque groupe représente une unité orographique. C'est le cas des Alpes occidentales, du massif de l'Oisans, des Alpes Maritimes, et à l'autre extrémité de la chaîne, du Sœmmering, du Bacherwald, etc.

Il en est tout autrement au centre de la chaîne, où l'on doit supposer que l'action soulevante a agi avec le plus d'intensité. Les massifs y sont beaucoup plus nombreux et tellement resserrés, que les zones ou maîts intermédiaires sont souvent réduites à des bandes très-étroites; quelquefois même elles sont complètement effacées, par suite des métamorphoses et des bouleversements que le sol a subis. Il en résulte que les massifs sont moins bien limités qu'aux extrémités, ensorte qu'il n'est pas toujours facile de dire où l'un des massifs commence et où l'autre finit. La roche cristalline dans ce cas, oc-

(1) Nous avons proposé ailleurs (*Bulletin de la Soc. des sc. naturelles de Neuchâtel, 1862*) ce nom comme équivalent de l'anglais *trough* et de l'allemand *Mulde*, pour exprimer le fond du pli ou la synclinale, alors même qu'elle ne correspond à aucune dépression.

cupe une étendue beaucoup plus considérable que le revêtement extérieur, au rebours de ce qui s'observe aux extrémités. Les zones intermédiaires, lorsqu'elles existent, ne correspondent plus à des dépressions, mais n'apparaissent que comme des intercallations schisteuses, dans lesquelles on chercherait vainement la disposition synclinale qui caractérise les maîts. Leurs strates sont d'ordinaire uniformément verticaux, voire même renversés.

Cette disposition est évidemment la conséquence de la pression latérale exercée par les noyaux cristallins. Ces noyaux, après avoir fait irruption à travers les roches stratifiées, ont dû se dilater comme des gerbes et refouler et renverser de chaque côté les roches encaissantes. C'est ainsi que s'est formée la structure en éventail si caractéristique des grands massifs au centre des Alpes. Ces renversements sont d'autant plus considérables que les noyaux cristallins sont plus puissants; c'est pourquoi ils n'existent guère que dans les plus hautes montagnes. Il est naturel dès-lors que les couches soient à leur maximum de perturbation dans le voisinage des éventails.

Quelquefois aussi des lambeaux de la zone intermédiaire ont été portés à de très-grandes hauteurs, formant comme d'immenses arêtes ou des pics gigantesques qui rivalisent avec les points culminants des massifs cristallins: tels sont, entre autres, le Mont-Cervin, les Strahlhörner (entre le massif du Mont-Rose et celui du Simplon), l'Ortles à l'extrémité de la large maît qui sépare les Alpes centrales des Alpes orientales, le Gross-Venediger (entre le massif des Tauern et celui de la Drau). Mais, aux yeux du géologue, ces lambeaux n'en indiquent pas moins la séparation primitive entre les noyaux cristallins.

Lorsque plusieurs massifs sont ainsi réunis en un seul groupe de montagnes, les rapports entre la structure géologique et les reliefs orographiques se trouvent changés. Au lieu de ne comprendre qu'un seul ellipsoïde, comme aux extrémités de la chaîne, nous voyons les divisions géographiques embrasser souvent toute une série de massifs. Telles sont les Alpes Pennines qui ne comprennent pas moins de cinq massifs, les

Alpes Noriques qui en comptent également cinq, les Alpes Bernoises qui comprennent deux ellipsoïdes parallèles, celui du Finster-Aarhorn et celui du St-Gothard.

Coupe du Saint-Gothard.

(Voyez la carte fig. 2.)

La route du St-Gothard est bien faite pour faciliter l'étude des rapports entre les reliefs et la composition des roches.

Au sommet du col se trouve le noyau granitique formant une sorte de large plateau désert avec plusieurs petits lacs. En descendant sur Altorf, on arrive par une pente assez roide à une première grande dépression, la vallée d'Urseren, une sorte de vallée à fond plat, dans laquelle se trouvent les villages de Hospenthal et d'Andermatt. Cette dépression n'est point accidentelle. Les grands rochers qui la bordent de toutes parts sont à la vérité composés de roches cristallines; mais en examinant attentivement ces mêmes rochers, on découvre à leur pied des bancs de schiste d'une composition très-friable, sur lesquels se trouvent les quelques champs qui fournissent aux habitants leurs maigres légumes. Ces schistes sont quelquefois tout à fait noirs et charbonneux, et en effet il y a toute probabilité qu'ils représentent ici la formation carbonifère. Ils courent du N.-E. au S.-O. et si l'on se dirige d'Andermatt vers la Fourca par Realp, on les voit gagner toujours plus de largeur, si bien qu'à la Fourca, ils occupent à peu près toute la largeur du col. La dépression à laquelle ils correspondent est ici évidemment le résultat de l'érosion qui a désagrégé et décomposé en partie les schistes, tandis qu'elle a été à peu près impuissante sur les granits.

A l'Urner-Loch, on entre de nouveau dans les roches cristallines, d'abord sous la forme de gneiss ou de schiste micacé qui peu à peu passe à du véritable granit. L'apparition de ce granit, dont on s'expliquerait difficilement la présence dans l'hypothèse d'une seule chaîne granitique centrale, est au contraire très-naturelle, du moment qu'on admet plusieurs masses centrales. En effet, le gneiss de l'Urner-Loch appartient à un autre massif, celui du Finster-Aar, qui venant de la

Jungfrau, se prolonge à l'E. vers les Clarides, où il se cache sous les roches schisteuses et calcaires du Tœdi et du Biferten.

Ce second massif que la Reuss entame profondément se continue aussi loin que la vallée est resserrée, c.-à-d. jusqu'à Amsteg. C'est la partie sauvage de la vallée. A Amsteg, la vallée s'élargit considérablement, à mesure que les massifs calcaires de la Windgelle à droite et de l'Uri-Rothstock à gauche viennent prendre la place des massifs cristallins ou métamorphiques. (1)

Passons maintenant au revers méridional. Partant du sommet du massif où se trouve l'hospice, pour se rendre en Italie, on descend par une pente non moins roide que celle du versant nord, traversant les mêmes granits composés d'énormes bancs, avec cette différence que ces bancs, au lieu d'être inclinés au sud, plongent maintenant au nord, le tout formant le célèbre éventail du Saint-Gothard. Le même caractère se maintient jusque près d'Airolo, où l'on rencontre de nouveau une vallée dont la direction est parallèle à la direction des couches de granit. Le fond de cette vallée est composé de roches altérées bien différentes de celles du St-Gothard. Il y a des schistes assez tendres, des dépôts de gypse et de dolomie et tout un ensemble de roches d'origine sédimentaire. C'est évidemment le pendant de la vallée d'Andermatt, une sorte de maît entre deux massifs centraux. Cette maît se continue à l'O. dans le val Bedretto et se prolonge à l'E. dans le plateau du Luckmanier.

(1) Le même caractère se maintient jusqu'à Brunnen, à cette différence près que depuis Fluelen le fond de la vallée est occupé par la branche méridionale du lac des Quatre-Cantons (lac d'Uri). Ceci cependant ne saurait influer sur le caractère orographique de la vallée qui se maintient identique depuis Amsteg jusqu'à Brunnen. Aussi bien, il n'est pas nécessaire d'être observateur bien expert pour s'apercevoir en parcourant la vallée que le lac s'étendait jadis jusqu'à Amsteg et que s'il est comblé aujourd'hui, c'est par l'œuvre de la Reuss.

A mesure qu'on s'éloigne des massifs cristallins, les roches deviennent toujours plus distinctes, et l'on peut distinguer le long des parois de l'Axenberg les différentes formations dont se composent ces belles montagnes. (Voir Lusser dans les *Mém. Soc. helv.* vol. 6).

A partir de Faido, la route entre dans un troisième massif cristallin, celui du Tessin. Il est beaucoup plus large que les précédents et en même temps moins déchiré et moins élevé. La roche est un gneiss assez uniforme, qui se continue sans interruption jusqu'à Bellinzone, où l'on retrouve une troisième vallée correspondant à une zone de roches amphiboliques qui s'étend au S.-O. jusqu'à Biella. Au-delà de Bellinzone, la roche cristalline reparaît de nouveau, formant un autre massif de gneiss, celui des Quatre-Lacs, dont fait partie le Monte-Cenere que l'on traverse en allant de Bellinzone à Lugano.

Lugano et ses environs sont déjà dans le domaine du revêtement sédimentaire extérieur, à l'exception des porphyres qui garnissent une partie de ses rives. Nous avons ici d'abord les terrains triasiques, puis le terrain du lias, quelques lambeaux épars de crétacé et, comme dernière bordure, l'éocène.

Ici encore nous retrouvons le pendant de ce que l'on observe sur le versant nord, à cette différence près, que les terrains, tout en étant très-inclinés, ne sont cependant pas renversés et bouleversés, comme c'est le cas le long de la Reuss. Nous verrons ailleurs que le lac de Lugano est aussi, à bien des égards, le pendant de celui des Quatre-Cantons.

La coupe du St-Gothard que nous venons d'analyser se compose ainsi de trois éléments essentiels: les noyaux cristallins, les maîts ou zones intérieures et les revêtements extérieurs. Tous trois sont caractérisés par des roches propres; les granits et gneiss correspondent aux noyaux centraux, les roches métamorphiques ou altérées aux maîts et les roches non altérées aux revêtements extérieurs. Dans la coupe du Saint-Gothard, nous avons quatre massifs cristallins, trois maîts et deux revêtements. Ici les masses cristallines l'emportent par conséquent de beaucoup sur les roches stratifiées. Mais il n'en serait pas de même sur tous les points de la chaîne. Ailleurs les massifs cristallins sont moins rapprochés; les maîts peuvent par conséquent se déployer plus largement, par ex. entre le massif de Selvretta et celui de l'Oetzthal, ou bien il n'y a qu'un seul noyau, surgissant du milieu des terrains stratifiés; c'est la forme la plus simple, telle qu'elle se présente aux extrémités de la chaîne.

Passons maintenant à l'analyse des différents massifs.

I. — Massif Ligurien.

La vaste guirlande de massifs granitiques qui forme comme le squelette de la chaîne des Alpes, commence à l'O. par un noyau d'une étendue et d'une élévation médiocre, si on le compare aux autres massifs, c'est le massif des Alpes Liguriennes. Il est parfaitement limité de tous côtés; aussi l'a-t-on de bonne heure distingué comme un groupe à part. Sa direction est à peu près exactement d'E. en O. La roche du noyau se compose essentiellement de gneiss, de schiste talqueux et de schiste micacé. La direction des strates de ces roches coïncide assez généralement avec celle du massif même. On n'observe aucune trace de structure en éventail. La structure de tout le massif est au contraire essentiellement normale en ce sens, que tous les strates, ceux du gneiss et du schiste, comme ceux des roches sédimentaires qui les recouvrent, sont régulièrement anticlinaux, le massif lui-même ayant la forme d'un toit. Cette disposition n'est peut-être pas sans rapport avec l'élévation peu considérable du massif dont tous les pics restent au dessous de 2500^{m}. Le plus haut (le mont Mondolé) n'a que 2440^{m}. Nous verrons tout à l'heure que c'est dans les massifs les plus élevés que la structure en éventail est la plus distincte.

II. — Massif des Alpes Maritimes.

Vu sur la carte, ce massif se présente sous la forme d'un noyau cristallin allongé, émergeant du milieu d'une vaste étendue de roches sédimentaires. Le massif lui-même est dirigé du N.-O au S.-E., mais les strates, au sommet du massif, sont d'après M. Studer, orientés à peu près dans le plan du méridien et un peu plus loin au Nord 70° O. Sur les deux versants, on voit les roches stratifiées en contact avec le gneiss. Les points culminants, tous situés dans le domaine de ce dernier, sont le mont Clapier (3018^{m}), la cime de Gélas (3180^{m}), le mont Tinibras (3115^{m}). Les deux cols les plus praticables sont le Col

del Sabbione (2348^m) et le Col della Lombarda (2395^m). Le vrai granit ne se montre nulle part. En revanche, la structure en éventail est distincte. Les strates sont verticaux au centre du massif; ils plongent au S.-O. sur le versant sud, au N.-E. sur le versant nord.

III. — Massif des Alpes Cottiennes.

L'un des caractères le plus saillant du revers méridional des Alpes, c'est que, à partir de la Maira, jusqu'au lac Majeur, les roches cristallines s'élèvent directement du milieu de la plaine piémontaise, sans revêtement de roches sédimentaires. Mais comme ces dernières reparaissent très-développées plus au S., sur les flancs des Alpes Maritimes et Liguriennes, on est volontiers tenté d'attribuer leur absence dans cette partie de la chaîne à des dénudations subséquentes, surtout parce que c'est ici que la grande courbe est à son maximum.

La partie qui s'étend de la Maira à la Dora Riparia est connue de tous temps sous le nom d'Alpes Cottiennes que nous leur conservons ici, bien que la vallée de la Dora ne forme pas une limite aussi complète sous le rapport géologique que sous le rapport orographique. C'est plutôt au N. de ce fleuve, le long du tunnel du mont Cenis que se trouve la séparation.

Le noyau cristallin n'est d'abord qu'une bande très-étroite, qui va s'élargissant insensiblement jusqu'à la Dora, mais sans atteindre nulle part la largeur de la zone des schistes et calcaires de la Maurienne et de la Tarentaise. Le Mont-Viso, qui est le point culminant des Alpes Cottiennes, est situé un peu en dehors du massif principal; c'est une petite île cristalline au milieu de la zone stratifiée. Le granit est étranger à ce massif; on n'y rencontre que des schistes micacés et du gneiss qui devient de plus en plus cristallin, à mesure qu'on s'approche de la plaine. Le sommet du Viso cependant n'est pas de gneiss, mais de serpentine avec schistes cristallins à la base. La structure en éventail n'a pas encore été signalée. Les strates sont rarement verticaux, mais plus ou moins inclinés, parfois horizontaux, et bien que toute la masse ait été portée à une grande hauteur, les montagnes sont relativement peu

déchirées; on dirait un vaste plateau soulevé plus ou moins doucement. Il n'y a que la pyramide du Mont-Viso (3840^m) et quelques autres qui fassent exception, et ce contraste ne les rend que plus attrayantes.

IV. — Massif des Alpes Grecques.

Au point de vue géologique, ce massif a les plus grands rapports avec celui des Alpes Cottiennes; mais sa direction est beaucoup plus orientale, surtout à son extrémité, du côté des Alpes Pennines. C'est ici que se trouve le principal coude de toute la chaîne qui d'une direction à peu près méridienne, passe insensiblement au N.-E; sans qu'il y ait pour cela interruption dans le noyau cristallin, d'où nous concluons que la direction n'a pas en elle-même la valeur prépondérante que lui attribuent certains géologues. Commençant au mont-Cenis, le massif des Alpes Grecques se présente sous la forme d'un immense rempart d'abord rectiligne, puis arqué et profondément entamé par le lit de la Dora Baltea. Cette profonde coupure est envisagée par quelques-uns comme la limite des Alpes Grecques. Cependant les mêmes roches se continuent de l'autre côté de la rivière et se poursuivent jusqu'à Biella, où commence la grande zone des roches amphiboliques, qui nous paraît devoir être envisagée, au point de vue géologique, comme la véritable limite du massif des Alpes Grecques. La roche est encore ici essentiellement du gneiss, du schiste micacé et du schiste talqueux. Il s'y trouve cependant aussi quelques gîtes de granit, surtout dans le val d'Orco, près de Cérésole.

La partie centrale du massif est de beaucoup la plus imposante; les montagnes y atteignent des hauteurs qui rivalisent avec les grandes cimes des Alpes Suisses, témoins la roche Melon (3542^m), la roche Michel, dont Saussure fit l'ascension (3495^m), la Levanna, le Pic de Cogne, etc. Cependant le noyau cristallin n'a pas le monopole des grandes cimes. Les schistes carbonifères ont été portés à des hauteurs non moins considérables, ainsi entre la Romanche et l'Arc, dans l'ai-

guille de Golion (3882^m), l'aiguille d'Arve (3511^m), le mont Tabor (3182^m). Plus loin, au nord de l'Arc, ces mêmes masses sédimentaires sont portées à des hauteurs encore plus considérables, témoins le mont Iseran (4045^m), l'aiguille de la Sassière (3763^m), le mont Pourri et les sommets encore peu connus des glaciers de Ruytor. D'autres cimes, comme l'aiguille de la Vanoise, forment des îlots cristallins au milieu de la zone sédimentaire, ce qui, de concert avec la grande élévation de tout le massif, pourrait faire croire à la présence d'une arête cristalline cachée sous les schistes.

V. — Massif de l'Oisans ou du Pelvoux.

Ce massif, l'un des plus inaccessibles de toute la chaîne des Alpes, est en même temps l'un des mieux limités. Nulle part ailleurs il n'est plus évident que les masses feldspathiques centrales ont été soulevées postérieurement à la formation des roches sédimentaires. On dirait une immense bulle ou vessie soulevée tout d'un coup du sein de la terre. Ce vaste noyau, de forme presque carrée, porte les plus hautes cimes de la France, le mont Ollon (4212^m), la Pointe d'Arsine (4105^m) et le Grand-Pelvoux (3934^m); il est d'un accès extrêmement difficile, n'étant entamé nulle part profondément et ne renfermant qu'une seule grande dépression, le cirque de la Bérarde, l'un des sites les plus sauvages et les plus extraordinaires des Alpes, entouré de parois verticales de plusieurs mille pieds de hauteur, auquel on parvient par la vallée non moins sauvage du Vénéon. Le noyau du massif est une très-belle protogine qui n'est nullement stratifiée, mais seulement divisée par des fentes à peu près verticales; mais à mesure qu'on se rapproche des bords, elle passe insensiblement au gneiss. La structure en éventail est distincte sur tout le pourtour du massif.

VI. — Massif des Rousses.

Ce petit massif est intercalé en quelque sorte entre le massif de l'Oisans et l'extrémité des Alpes occidentales. C'est une

chaîne étroite et élevée, d'un accès difficile, limitée au nord par les sources de l'Olle, au sud par la Romanche. Le noyau cristallin, composé essentiellement de gneiss, est entouré de tous côtés par la zone des schistes liasiques qui encadrent également une partie de l'Oisans. Sur plusieurs points du versant occidental, le gneiss passe à une espèce de granit veiné ou protogine, que l'on retrouve aussi dans la gorge de la Romanche. Le noyau cristallin renferme en outre, d'après M. Lory, des bandes de grès à anthracite pincées dans les replis du gneiss et des schistes cristallins. Ces bandes divisent le noyau en plusieurs zones parallèles qui sont les Petites et les Grandes Rousses. Ces dernières qui atteignent leur point culminant dans le pic de l'Etendard (3629^{m}), font en quelque sorte pendant au Grand-Pelvoux et sont, comme lui, couvertes de neiges éternelles. Les lits du gneiss ainsi que les bancs de grès à anthracite plongent uniformément à l'E. en sens inverse des strates de la chaîne de Belledone. Dans la vallée de l'Olle, qui sépare les deux chaînes, les schistes liasiques recouvrent les gneiss en stratification discordante, ce qui semblerait indiquer que le plissement du gneiss est ici antérieur au lias.

VII. — Massif des Alpes Occidentales.

Nous comprenons sous ce nom le vaste et magnifique rempart qui sépare le Dauphiné de la Maurienne et de la Tarentaise. Quelques géologues lui ont appliqué le nom de *massif de Belledone*, parce que pour eux, les Alpes occidentales comprennent également le massif du Mont-Blanc et celui des Aiguilles Rouges et parce qu'ils supposent que le même noyau cristallin se continue de l'un à l'autre, en passant sous les terrains carbonifères du col du Bonhomme. Ce qui distingue ce massif, c'est son étroitesse remarquable, relativement à sa longueur, circonstance qui en a évidemment facilité la rupture; car on n'y compte pas moins de trois grandes coupures, toutes trois donnant passage à des rivières considérables, qui sont la Romanche, l'Arc, l'Isère. Ce sont trois voies de communication dont l'une est même utilisée pour un chemin de fer

(de Chambéry à St-Jean de Maurienne). La direction du massif est du nord-nord-est au sud-sud-ouest, dans la plus grande partie de son étendue, depuis le col du Bonhomme jusqu'au de là de la Romanche, où elle devient subitement nord-sud, imitant ainsi en quelque sorte les contours en forme de botte de la péninsule Italienne. Cependant la gorge de la Romanche, quoique profonde, n'interrompt pas le noyau cristallin, qui forme encore au delà de la gorge plusieurs massifs considérables tels que le Grand-Galbert (2543m) et surtout le Taillefer (2861m). C'est à partir de ce dernier massif, que la chaîne se dévie pour prendre la direction méridienne qu'elle conserve jusqu'à la disparition des roches cristallines sous les grès à anthracite et les calcaires du lias. C'est en face de Grenoble, entre l'Arc et la Romanche, que la chaîne atteint sa plus grande élévation, dans les pics de Belledone (2982m) et du Grand-Charnier (2808m). Entre ces deux se trouve le cirque remarquable des Sept-Laux, ainsi nommé à cause des petits lacs qu'il renferme.

Aucun massif n'est plus instructif au point de vue géologique que la chaîne des Alpes occidentales. Comme celle des Rousses, elle se compose, d'après M. Lory, de deux plis, l'un occidental, ne dépassant pas 1842m; il est en forme de voûte arrondie, composée de schistes talqueux dont les couches presque verticales sur les deux flancs se raccordent dans la hauteur par des inclinaisons modérées, décrivant ainsi une sorte d'ogive très-surbaissée. La chaîne principale est une arrête plus aigue; ici la voûte s'est rompue pour donner passage aux roches situées plus profondément, si bien que les gneiss et même les granits ou protogines ont fait hernie. En s'épanouissant à la surface, ils ont refoulé les roches sédimentaires et déterminé la structure en éventail qui est très-distincte sur nombre de points, entre autres au Grand-Charnier. Lorsque la rupture a été assez énergique pour écarter largement les flancs de la voûte, il en est résulté un cirque, au fond duquel se trouvent les roches les plus centrales. Le bassin des Sept-Laux est dans ce cas; l'enceinte en est formée par les gneiss redressés, tandis qu'au centre on aperçoit le granit ou la protogine à petits grains.

VIII. — Massif du Mont-Blanc.

C'est de tous les massifs cristallins le mieux caractérisé. Il ne porte pas seulement le roi des Alpes, mais il est en outre tout d'une venue, sans cluse ni même sans col proprement dit. Ses limites sont très-précises: au sud, la Lex blanche, et le Val-Ferret, à l'ouest le col du Bonhomme, au nord la vallée de Chamouni, le col de Balme et le Trient. A l'est le Rhône ne le borne que partiellement, car un petit lambeau franchit la rivière et va se perdre sous les calcaires et schistes de sa rive droite.

La structure en éventail, qui avait déjà été signalée par Saussure, sur le chemin de Chamouni à la Blaitière, est des plus distincte à peu près dans toute l'étendue du massif. Sur la rive droite du glacier des Bois, on voit les couches de gneiss plonger vers l'intérieur de la montagne sous un angle de 30°. Il en est de même au col de Balme, et au col des Ouches où les schistes plongent sous le même angle au S. 60 E. Sur le revers méridional, dans le Val-Ferret, nous retrouvons à peu près la même inclinaison; seulement le plongement est en sens inverse, au N.-O.

La roche dominante du massif du Mont-Blanc est bien caractérisée. C'est de la protogine, c.-à-d. un granit composé de quarz, d'orthose, d'oligoklas, de mica, de talc. Cette roche remarquable ne forme cependant que les masses du centre, le noyau du massif; sur le pourtour de l'ellipsoïde, on trouve le gneiss et les schistes, ainsi au col de la Seigne, entre Martigny et Sembranchier et dans la vallée de Chamouni. En montant au Montanvert, on ne rencontre que des gneiss et des schistes.

La distribution des différents pics ou aiguilles n'est pas sans signification. A l'O. la masse entière s'élève tout d'une pièce, depuis le col du Bonhomme jusqu'à la cime du Mont-Blanc, les aiguilles de Trelatête, du Miage, de la Rogne formant en quelque sorte les étapes de cette montée. Au delà du point culminant, la masse s'écarte et forme deux arêtes parallèles séparées par une large vallée longitudinale qui forme le ré-

servoir des deux principales branches de la mer de glace (les glaciers de Tacul et de Léchaud). L'arête méridionale porte l'aiguille du Géant, la grande et la petite Jorasse; l'arête septentrionale, les aiguilles du Midi, de Trélaporte, l'aiguille Verte. Cette singulière disposition a donné lieu, de la part de M. Studer, à la supposition que l'ellipsoïde du Mont-Blanc aurait subi un affaissement correspondant à cette vaste dépression. Quant à nous, nous serions plutôt disposé à n'y voir qu'un cirque allongé formé à la manière du cirque des Sept-Laux, dans le massif précédent.

IX. Massif des Aiguilles Rouges.

Ce petit massif, parallèle au Mont-Blanc, n'en est séparé que par une maît étroite, mais bien caractérisée, comprenant le Val de Chamouni, le col de Balme et le Val du Trient. Ses sommets, bien qu'ils ne comptent pas parmi les plus hauts, sont cependant bien connus; ce sont les Aiguilles Rouges et surtout le Brévent (2552^{m}) que la nature semble avoir placé à l'extrémité du massif, en face du Mont-Blanc, pour servir de belvédère au géant des Alpes. Le Buet, bien qu'un peu plus élevé (3108^{m}), n'est plus compris dans le domaine du noyau cristallin, mais fait partie du grand revêtement calcaire qui borde le massif au N. Le noyau cristallin a pour limite à l'O. le revers du Brévent; à l'E. il franchit le Rhône pour se perdre sous les masses calcaires de la Dent de Morcles.

La structure en éventail n'est pas distincte sur les flancs de ce massif. Les couches sédimentaires de la base du Buet plongent au contraire d'une manière régulière vers la plaine. La roche est la même protogine qu'au Mont-Blanc. On y distingue une stratification sur une grande échelle, qui est très-apparente sur nombre de points. Une particularité importante de ce massif, c'est l'existence, au sommet des pics les plus élevés, de lambeaux de roches fossilifères, qui méritent d'être pris en considération dans la théorie de la formation des Alpes.

X. — *Massif du Valais.*

Quoique de peu d'étendue, ce massif comprend la partie la plus sauvage et la moins accessible des Alpes Suisses. La force qui a soulevé ces montagnes paraît avoir acquis ici sa plus grande intensité, s'il est permis d'en juger par la hauteur à laquelle ont été portées non-seulement les masses cristallines, mais encore les roches sédimentaires qui les entourent. A partir du grand St-Bernard, le massif s'élève assez brusquement à l'E., pour former les grands plateaux couverts de neiges éternelles, d'où découlent les glaciers qui se déversent dans les vallées de Bagne, d'Hérens, d'Hermence, d'Anniviers. Les pics qui couronnent ce massif, quoique peu connus et peu en vue, n'en comptent pas moins parmi les plus hauts des Alpes; les principaux sont, en allant d'O. en E., le mont Vélan (3792^m), le Combin (4308^m) le mont Collon, la Dent de Rong (4190^m) la Dent-Blanche (4360^m), le Weisshorn (4514^m).

Du côté du Valais, la roche cristalline ne descend guère dans les vallées; elle est limitée aux arêtes et aux plateaux supérieurs. C'est là que se montre en particulier la fameuse protogine verte, connue sous le nom *d'arkésine*, qui a fourni une grande partie des blocs erratiques du bassin du Rhône, entre autres le grand bloc du Steinhof, dans le canton de Soleure.

Peu de géologues ont pénétré jusqu'au cœur de ce massif, en sorte que la limite et l'étendue des différentes espèces de roches cristallines qui le composent ne sont encore qu'imparfaitement connues. Ce n'est guère que par les moraines des glaciers que nous pouvons nous faire une idée approximative de leur distribution. L'arkésine est surtout abondante sur les glaciers qui descendent de la Dent-Blanche et du mont Collon. Sur le versant S., on trouve de la syénite, dans le Val-Pellina.

La structure en éventail est évidente en plusieurs endroits; à la Zermontana (fond du Val de Bagne), les couches plongent distinctement au S., tandis qu'au Val-Pellina, sur le revers opposé, le plongement est au N. Le massif n'est franchis-

sable que par des cols très-difficiles, tel que le col d'Erin passant entre la Dent-Blanche et la Dent de Zinal (ou Gabelhorn) au N. et la Dent de Rong et le mont Cervin au S. Un autre col plus difficile encore est le Col de Collon ou d'Arolla, qui passe au pied S. du mont Collon à une hauteur de 3147^{m}. Orographiquement, le massif du Valais est nettement circonscrit de trois côtés. La vallée du Rhône au N., le col du grand St-Bernard à l'O. et le Val-Pellina au S., sont ses limites naturelles, qui forment comme une grande ceinture de schiste autour du noyau cristallin. Il est plus difficile de le circonscrire d'une manière précise à l'E., où nous n'avons pour limite qu'une zone de terrain secondaire qui, en s'arquant au N., le long de la rive gauche de la Viège, s'interpose entre la Dent-Blanche et les Mischabel, que nous rapportons au groupe du Simplon. Mais il faut convenir que la séparation est loin d'être complète, et l'on comprend que plusieurs géologues n'en aient pas tenu compte. M. Studer entre autres prolonge le massif du Valais jusqu'au Bortelhorn et à l'Albrun.

XI. — Massif du Simplon.

Quoique ce massif soit traversé par la principale route des Alpes, le Simplon, c'est à peine s'il est plus connu que le précédent, auquel il ne le cède ni en étendue ni en grandeur. Les Mischabel (4558^{m}) entre la vallée de St-Nicolas et celle de Saas portent les cimes les plus élevées des Alpes après le Mont-Blanc et le Mont-Rose; elles passent pour très-sauvages, si non inaccessibles. Le même grand système se prolonge à l'E. de la vallée de Saas, dans les montagnes non moins sauvages du Fletschhorn, plus loin dans le Monte-Leone à l'E. de la route du Simplon et jusqu'au Bortelhorn et à l'Albrun, où le massif cristallin se perd sous les roches schisteuses, à mesure que le St-Gothard surgit de l'autre côté du Rhône. Cette zone de schiste est la même qui forme le revêtement du massif du Valais le long du Rhône. Au S., nous retrouvons entre notre massif et celui du Mont-Rose et du Tessin, une zone très-étroite et très-accidentée, qui n'est qu'une continuation des schistes de la vallée d'Aoste.

Enfin nous avons vu que ses limites laissent à désirer à l'O., où le noyau cristallin n'est interrompu que partiellement sur le flanc gauche de la vallée de St-Nicolas, au moyen d'un lambeau de calcaire, qui de Zmutt s'étend jusqu'en face de Randa. Plus bas, les deux flancs de la vallée de St-Nicolas sont cristallins. Mais il est à remarquer que ce n'est plus de la protogine ni de l'arkésine; c'est du gneiss et du micaschiste; ce dernier domine surtout dans les massifs de Mischabel.

Il existe sur plusieurs points de ce massif des indices de structure en éventail, ainsi dans la vallée de Tourtemagne, dans celle de Saas, au Val d'Antrona et le long de la route du Simplon.

XII. — Massif du Tessin.

C'est le plus grand et en même temps le plus compact des massifs des Alpes centrales. Mais si ses dimensions horizontales sont considérables, il ne s'en suit par qu'il mérite un intérêt proportionnel. C'est un groupe en général uniforme, comme il est facile de s'en assurer en suivant la route du St-Gothard qui le traverse dans toute sa largeur. On ne voit pas ici s'élever de ces pics hardis qui attestent une concentration de l'action soulevante, comme dans les massifs du Valais ou du Simplon. Ses points culminants sont le pic de Mutascia au S. de Faido et surtout le Moschelhorn ou Vogelberg, auquel se rattache le glacier de Reinwald et la source du Rhin antérieur. Excepté du côté du nord, où il est séparé du St-Gothard et du Simplon par la zone de schistes métamorphiques du Val Bedretto, les limites de ce massif sont quelque peu vagues, surtout au S.-O. Cependant il nous a paru que le prolongement des schistes de la vallée d'Aoste l'isolait suffisamment des Alpes Grecques. La séparation d'avec le massif du Mont-Rose est moins accusée. Aussi M. Studer réunit-il ce dernier massif à celui des Alpes Tessinoises. C'est dans le Val Anzasca qu'on devra trouver la limite, si elle existe réellement. Au S., c'est la zone amphibolique avec ses schistes, ses marbres et ses dolomies qui sépare notre massif de celui des Quatre-Lacs. Cette zone, qui s'étend sous forme d'un grand

arc depuis Bielle jusqu'au lac de Come, est bien connue des géologues par les minerais de cuivre qui s'y sont concentrés, tandis que ses carrières de marbre (près d'Onavasso) ont fourni les matériaux du dôme de Milan.

La roche dominante de ce massif est le gneiss et le schiste micacé; ce dernier règne surtout sur les hauteurs, tandis que le gneiss se trouve de préférence au fond des vallées; ce gneiss est remarquable par la facilité avec laquelle il se fend, ce qui permet de le façonner en lattes et en piliers qui sont l'objet d'une industrie notable dans les vallées de la Toccia, de la Maggia et du Tessin. On est naturellement tenté, en présence de cette disposition, de ne voir dans le gneiss qu'une variante du schiste micacé, sous l'influence de conditions plus intenses qui auraient prévalu au centre des masses et ne se seraient pas fait sentir au même degré à la surface.

La structure en éventail fait défaut dans ce massif; en revanche, on remarque un trait particulier dans la manière d'être des strates : la stratification est en général verticale à l'issue des vallées, confuse au milieu et horizontale ou légèrement inclinée à leur origine. C'est une particularité qui n'est pas encore expliquée. On remarque aussi que la stratification, au lieu d'être parallèle à la direction du massif, lui est au contraire plutôt perpendiculaire et se rapproche du méridien, par exemple dans les vals de Misocco, San-Giacomo, Avers.

XIII. — Massif du Finster-Aarhorn.

C'est dans l'Oberland bernois que ce massif acquiert son prestige, dans la magnifique chaîne dont font partie outre le Finster-Aarhorn, la Jungfrau, le Mœnch, le Schreckhorn, l'Aletscthhorn et qui donne lieu aux plus grands et aux plus célèbres glaciers de la Suisse. Il comprend en effet les glaciers de Grindelwald, du Rhône, de l'Aar, de Viesch, et le plus grand de tous, le glacier d'Aletsch. Il se prolonge à l'O. jusqu'au delà de la vallée de Lœtsch où il se perd sous les grands massifs calcaires de la Gemmi. A l'E, il s'enfonce sous les calcaires jurassiques des sources de la Linth,

mais en les soulevant à de grandes hauteurs dans les pics du Tœdi et des Clarides. Ses masses granitiques, bien que divisées en grandes lames, sont d'une cristallisation très-parfaite. Les granits du Grimsel et du glacier du Rhône, comme aussi ceux que charrie le glacier de Grindelwald ne le cèdent en rien à ceux du St-Gothard, témoin les granits du grand pont de la Nideck à Berne, qui sont des erratiques du bassin de l'Aar. Cette cristallisation parfaite ne règne cependant pas partout. Il existe, à l'extrémité occidentale, une assez large zone de roches amphiboliques qui sépare le massif en deux parties à peu près égales et dont on retrouve des traces au Finster-Aarhorn même. Peut-être ces lambeaux sont-ils des indices d'une séparation ou maît primitive entre deux massifs très-resserrés.

La structure en éventail est distincte sur les deux versants.

XIV.—Massif du St-Gothard.

Le petit massif allongé du St-Gothard et celui du Finster-Aarhorn dont il n'est séparé que par la maît étroite de la vallée d'Urseren et de la Furka, sont deux ellipsoïdes jumeaux qui font en quelque sorte pendant à ceux du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges. Le granit du St-Gothard est célèbre par ses grands cristaux de feldspath et par la quantité de minéraux qu'on y trouve. Le granit cependant n'occupe que le centre du massif; il passe insensiblement au gneiss sur les deux flancs; et celui-ci à son tour passe fréquemment à un schiste micacé souvent chargé de grenats. La structure en éventail est partout distincte. C'est à son extrémité orientale sur la rive droite du Vorder-Rhein que le massif atteint sa plus grande hauteur, entre Medels et Sumvix, où les pics de Medels (Medelshörner) se couvrent de neiges éternelles.

Les principaux minéraux que fournit le St-Gothard sont l'hématite, les différentes formes d'oxyde titanique (Rutile, Anatase, Brookite), le spath fluor, l'apatite, l'axinite, la tourmaline et surtout de magnifiques échantillons de quarz hyalin.

XV. — Massif du Mont-Rose.

Quoique relativement peu étendu, ce massif est justement célèbre à cause de l'aspect imposant de ses montagnes et de l'étendue de ses plateaux de neige qui alimentent plusieurs des grands glaciers des Alpes (entre autres le beau glacier de Gorner). Il est parfaitement limité à l'O. et au S. par le prolongement de la grande zone de roches schisteuses et métamorphiques qui vient d'Aoste. Une zone schisteuse semblable mais plus étroite accompagnée de calcaires et de dolomies le sépare au N. de l'extrémité des massifs du Simplon et du Valais. Cette zone très-resserrée, a été portée à une grande hauteur, si bien que plusieurs de ses pics rivalisent avec les plus hauts sommets des massifs granitiques: tels sont la Cima di Jazzi (4309^m) le Strahlhorn, le pic d'Allalein et le Mont-Cervin (4515^m) placé en quelque sorte en sentinelle entre les deux massifs du Simplon et du Mont-Rose. Au pied du Mont-Cervin se trouve le col de Saint-Théodule, le plus élevé des cols des Alpes (3327^m).

Les limites du massif sont bien moins précises à l'E., où, après avoir formé le magnifique cirque de Macugnaga, le noyau cristallin suit la vallée d'Anzasca comprise entre deux zones de roches amphiboliques. Ces deux zones, en se rapprochant près de Sainte-Marie-Majeure, semblent limiter à l'E. le massif du Mont-Rose. Cependant il est des géologues qui n'admettent pas cette limitation et qui considèrent les deux groupes du Mont-Rose et celui des Alpes du Tessin comme ne formant qu'un seul et même massif. Cette opinion est appuyée par le fait que la roche est de même nature; ce sont des gneiss et des micaschistes, tandis que le granit y est très-rare. Les points culminants du Mont-Rose (4625^m) en particulier sont du schiste micacé. La structure en éventail fait ici défaut, comme dans le massif Tessinois.

XVI. — Massif d'Adula.

«Quand du haut du col de Nara, entre Faïdo et Blegno, dit M. Studer, on regarde à l'E., on se trouve en face d'un puis-

sant massif de montagnes, vaste et désert, sans sommets très-proéminants, couvert de neige et de glaciers qui cependant ne quittent guère les hauteurs, parce que les escarpements sont trop roides et le massif trop peu entamé par des vallées; c'est le massif d'Adula, le berceau du Rhin et de plusieurs affluents du Tessin, depuis longtemps connu comme un point central de la chaîne alpine, comme la colonne angulaire des Alpes Lépontines et Rhétiques. » Les reliefs ainsi que les vallées sont ici perpendiculaires à la direction générale des Alpes, au lieu de leur être parallèles, comme dans la plupart des autres massifs. En revanche, le cours des vallées est plus ou moins parallèle à la stratification. Ce qui n'était qu'une exception dans les Alpes Tessinoises devient ici la règle. La distinction de ce massif qui a pour point culminant le Piz Valrhein (3320m) est justifiée par sa forme et par la présence d'une zone métamorphique accompagnée de calcaire et de marbre qui correspond à l'origine du Val Blegno, où il forme le col du Lukmanier entre le Val de Sainte-Marie et le Val Medels.

XVII. — Massif du Sureta.

Une zone de schistes métamorphiques formant le fond de la vallée de Misocco et que l'on a utilisée pour la route du Bernardin sépare assez complètement ce massif du précédent. A l'Est, il est limité par la large zone de schistes d'Oberhalbstein et par le groupe de la Bernina. La vallée de San-Giacomo, que suit la route du Splügen, le sépare en deux groupes, l'un à l'O., composé de gneiss et ayant pour point culminant le Piz Tambo qui commande le col de Splügen; le second groupe, plus considérable, n'est pas comme le premier, limité au versant méridional, mais se prolonge jusque dans la vallée du Rhin. La roche y est à un état de cristallisation plus avancé; c'est une sorte de gneiss porphyroïde très-caractéristique, connu sous le nom de granit de la Rofla et qui forme les gorges pittoresques de ce nom au-dessous d'Andeer.

La direction des strates n'est pas anormale, comme dans le massif d'Adula, mais de nouveau parallèle à la direction générale de la chaîne alpine.

XVIII. — Massif des Quatre-Lacs.

Se distingue entre tous les massifs par sa forme très-allongée et relativement étroite qui lui donne quelque chose d'anormal. C'est une longue bande de gneiss et de micaschiste, qui s'étend en arc de l'O. à l'E., depuis la Sesia jusque près des sources de l'Adda, par conséquent sur une étendue de 30 lieues. Quelques géologues le prolongent plus loin à l'O., jusqu'à la Dora Baltea; mais il nous a semblé que la zone de roches amphiboliques qui pénètre de Bielle à Onavasso, le séparait suffisamment des Alpes Grecques. On dirait un vaste bourrelet cristallin que la nature a placé entre la zone des terrains sédimentaires et les massifs bien caractérisés de l'intérieur, une espèce de zone intermédiaire qui n'existe pas sur le revers nord et qui présente un grand intérêt au point de vue théorique.

Ce massif ainsi limité est traversé perpendiculairement par les quatre lacs d'Orta, Majeur, Lugano et Como, ce qui lui a valu son nom. Son altitude n'est pas très-considérable. Ses plus hauts sommets n'atteignent pas 3000^{m}, (le Mont-Legnoen à l'E. du lac de Come, 2611^{m}; le Camoghé au S. de Bellinzone, 2839^{m}). Les strates sont en général orientés dans le sens du massif. Il n'existe aucune trace de structure en éventail. A partir du lac de Come, le massif s'ouvre longitudinalement pour recevoir la grande vallée de la Valteline, qui conserve sa direction orientale jusqu'à Tirano, où a lieu la bifurcation des routes de la Bernina et du Stelvio.

Ses limites orientales ne sont encore que très-imparfaitement connues. Peut-être faut-il les chercher dans les lambeaux de roches amphiboliques que M. Escher a signalées à l'E de Tirano et dans le prolongement septentrional de la grande zone de verrucano qui semble se détacher de la Cima di Torsoleto. En attendant que des recherches ultérieures nous aient édifié sur ces rapports, nous prolongerons provisoirement le massif des lacs jusqu'au Val Camonica.

XIX. — Massif du Bernina.

Ce massif est le plus remarquable et le plus populaire de la Suisse orientale, parce qu'à l'ampleur des massifs il joint la

variété et la hardiesse des formes. Ses sommets rivalisent avec les plus hauts pics des massifs occidentaux, témoins le Piz Cambrena (3607^{m}) le Pìz di Palu (3912^{m}), le Piz di Verona (3462^{m}). Ses glaciers sont justement célèbres pour leur beauté, particulièrement ceux qui descendent dans l'Engadine (glaciers de Roseg et de Motaratsch).

La roche dominante est du gneiss, surtout dans les hauts sommets. Le granit aussi ne manque pas, mais il est relégué sur le pourtour du massif et semble ne former que des îlots dans les roches métamorphiques et serpentineuses qui entourent le massif à peu près de tous côtés. Le plus remarquable et le mieux connu de ces lambeaux est celui de Brusio que traverse la route conduisant de la Valteline dans l'Engadine. Deux autres s'élèvent sur les flancs de l'Engadine, en face de Samaden; l'un d'eux remonte au sud jusqu'aux plateaux neigeux qui alimentent les glaciers de Roseg et de Mortaratsch. Enfin le plus considérable s'étale à la limite occidentale du massif à l'E. de Chiavenna, formant le versant méridional d'une série de pics gigantesques encore peu connus (piz Zocca, piz Torrone, piz della Disgracia).

On est assez généralement porté à envisager le granit comme le noyau primitif des soulèvements. Dans le cas particulier cependant, cette hypothèse n'a pas une grande probabilité, à cause de son absence complète dans les points culminants. Le rôle du granit est ici un problème.

XX. — Massif d'Adamello.

En remontant le val Camonica ou de l'Oglio, au-delà de la zone des terrains sédimentaires, on voit s'élever à droite, en face d'Edolo, un puissant massif de montagnes d'où descendent plusieurs vallées qui viennent déverser leurs eaux dans l'Oglio (val dell' Adame, val Salarno, valle di Malga). Ce massif composé d'un beau granit amphibolique, d'apparence éruptive comme celui de Brusio, comprend les monts Adamello et Laris, qui s'élèvent à une hauteur considérable, (le premier à 3345 mètres), de manière à être couverts de neiges et de glaces éternelles.

Les rapports géologiques de ce granit avec les schistes cristallins qui l'entourent de tous côtés, ainsi que ses rapports orographiques avec les massifs adjacents des Quatre-Lacs et de l'Ortles, sont encore très peu connus et mériteraient de faire l'objet d'études détaillées qui ne laisseraient pas que d'avoir un grand intérêt. Nous les recommandons à l'attention de nos jeunes confrères.

XXI. — Massif du Monte Castello.

En face du mont Adamello, au S., entre la vallée de l'Oglio et celle de l'Adige s'élève un second noyau granitique qui fait en quelque sorte pendant au précédent et dont il est séparé par la zone des schistes cristallins dans lesquels sont creusés les vals di Fuma, dell' Adame, di Salarno; c'est le massif du mont Castello. Quoique moins élevé que ce dernier, il est cependant partiellement couvert de neiges éternelles. C'est une région encore à peu près vierge et nous ne sachions pas que, à l'exception de M. Escher, aucun géologue y ait jamais pénétré. En remontant le val Savione, le granit, qui forme les points culminants, commence à se montrer au bord du lac d'Arno; il est moins amphibolique que celui du mont Adamello. Le schiste micacé qui sépare les deux massifs plonge de 70 à 80° au S., 20° O., ce qui semble indiquer une structure en éventail. Le porphyre n'est pas non plus étranger à ces régions. M. Escher en signale des traces à une demi-lieue en aval du lac d'Arno.

XXII. — Massif de Selvretta.

Il est une particularité qui ne peut manquer de frapper le géologue étranger qui remonte pour la première fois la grande vallée du Rhin, c'est qu'on puisse pénétrer si avant dans les montagnes le long de ce fleuve, avant de rencontrer des terrains cristallins. Une vaste étendue de terrains sédimentaires, composés en grande partie de flysch, s'avance ici comme un grand golfe dans le cœur de la chaîne alpine, sépare d'abord les Alpes Suisses des Alpes Rhétiques, puis se divise en deux bras, l'un qui va occuper l'Engadine, l'autre qui s'avance à

l'E. jusque près de l'Adige où il est porté à une très-grande hauteur, si bien qu'il forme la plus haute montagne de l'Allemagne, l'Ortles (3905^{m}).

Le premier massif des Alpes Rhétiques est celui de Selvretta, dont une portion fait encore partie de la Suisse. Distinctement limité de tous côtés, il est séparé du massif de l'Œtzthal par la grande vallée de l'Inn ou l'Engadine, et peut à bien des égards être envisagé comme un modèle de noyau cristallin. Il est composé essentiellement de gneiss qui souvent passe au schiste amphibolique. Nous retrouvons ici la structure en éventail et au milieu de l'éventail, du granit, comme dans les massifs du Finsteraarhorn et du St-Gothard. Cependant le granit ne forme pas les plus hautes montagnes. Celles-ci sont essentiellement composées de roches amphiboliques, surtout dans le groupe de Selvretta et de Fermont. Le piz Linard qui en fait partie atteint 3416^{m}. Ses flancs sont couverts de glaciers, qui se maintiennent en général aux niveaux supérieurs, sans descendre dans les grandes vallées.

XXIII. — Massif de l'Œtzthal.

Non moins bien limité que celui de Selvretta, ce massif est l'un des mieux caractérisés de toute la chaîne alpine. Au point de vue du relief, il le cède à peine aux massifs les plus imposants des Alpes Suisses. Le noyau cristallin se compose de gneiss et de schiste micacé, ce dernier formant les points culminants, tandis que le gneiss occupe les niveaux inférieurs, formant en quelque sorte le revêtement du schiste micacé, au rebours de ce qui se voit ailleurs. La structure en éventail est évidente. Les géologues autrichiens y ont même reconnu deux systèmes d'éventails, l'un méridional, dirigé de l'E. à l'O., correspondant à la grande arête qui porte le Similaun (3604^{m}), le Hochjoch (3478^{m}), l'autre plus septentrional, orienté du S.-O. au N.-E. et qui a son point culminant dans le Wildkogel (3773^{m}). Ce dernier alimente les glaciers de Gepatsch et de Vernagt, les plus grands du Tyrol et qui sont devenus célèbres par leur progression extraordinaire,

Ces deux grandes arêtes, séparées par une zone de roches amphiboliques qui se montre dans le Rofenthal (l'une des branches du Fenderthal), semblent se rejoindre dans la célèbre pyramide du Weisskogel (3747m), d'où descend le glacier de Langtaufen qui est lui-même une des principales sources de l'Adige [1].

L'Adige peut être envisagée comme limitant le massif, non seulement au S., mais aussi jusqu'à un certain point à l'O. Il est vrai que des lambeaux cristallins se retrouvent encore en deçà de la rivière et jusque sur le territoire suisse, mais leur caractère minéralogique est en général si vague, qu'il est prudent d'attendre les recherches qui se poursuivent maintenant sous la direction de la commission géologique suisse, pour préciser leurs limites. En attendant, nous savons qu'il existe au col de Reschen, entre la vallée de l'Inn et celle de l'Adige, des masses de calcaire, de cargneule et de gypse qui établissent une sorte de limite qui coïncide à peu près avec les limites politiques.

XXIV. — Massif de l'Ortles.

La partie supérieure de la vallée de l'Oglio, avec la zone de calcaire et de schiste amphibolique qui l'accompagne depuis Incadine jusqu'à Ponte-di-Legno, peut être envisagée comme la limite du massif d'Adamello au N. Au-delà de cette limite, nous retrouvons encore une étendue assez considérable de roches cristallines, des gneiss et des schistes micacés, dans lesquels sont creusés les vals Mazza, Grande et Morlirolo. Ce terrain cristallin va s'appuyer au nord contre les schistes houillers et les terrains triasiques qui séparent le massif de la Bernina de celui de l'Œtzthal. Par exception, les terrains stratifiés ont été portés ici à une plus grande hauteur que les terrains cristallins et, comme l'Ortles en fait partie, nous avons conservé à tout le groupe le nom de cette cime, la plus haute des Alpes allemandes (3905m).

Le massif de l'Ortles ainsi défini a pour limites à l'O., le cours supérieur de l'Adda avec la route du Stelvio, au S. le

[1] Voir l'ouvrage de M. Sonklar : *Die œtzthaler Gebirgsgruppe*, 1861.

cours supérieur de l'Oglio, à l'E. les terrains secondaires du bassin de l'Adige, et au N. la grande zone des terrains stratifiés qui sépare les Alpes centrales des Alpes orientales.

XXV. — Massif des Alpes Trentaises.

Quoique peu marquant par son étendue et son élévation, ce massif n'en est pas moins très-connu en géologie par les travaux et les théories qui s'y rattachent.

La roche n'est plus simplement du gneiss ou du schiste micacé, comme dans les grands massifs voisins de l'Ortles et de l'Œtzthal, c'est une espèce particulière de porphyre, passant fréquemment au gabbro, à la syénite et au granit, le *porphyre noir* ou *melaphyre*, auquel M. de Buch assignait un si grand rôle dans la formation des roches alpines. Il lui attribuait en particulier la transformation des calcaires en dolomies sur le pourtour de ce noyau et spécialement dans la célèbre vallée de Fassa, à l'origine du val de Fimme, où les masses dolomitiques s'élèvent jusqu'à près de 3000^{m}. Les porphyres n'atteignent pas cette hauteur. En revanche, ils ont toute l'apparence d'un noyau éruptif ayant surgi du milieu des roches sédimentaires qu'ils paraissent avoir modifiées à plusieurs égards. Leur action s'est surtout exercée sur les grès du muschelkalk, ce qui conduit à penser que c'est vers cette époque qu'aurait eu lieu l'éruption. Il ne saurait être question ici de structure en éventail.

XXVI.—Massif des Tauern.

La vallée de l'Adige, la plus longue et la plus profonde de toutes les vallées transversales des Alpes, n'indique pas seulement une grande séparation topographique, puisqu'elle sépare les Alpes Rhétiques des Alpes Noriques, elle constitue l'un des traits les plus caractéristiques de l'orographie alpine. Ce n'est pas une simple coupure à travers un noyau cristallin comme sont les grandes cluses du massif des Alpes occidentales, c'est une dépression primitive, une espèce d'intermittence entre les deux grands massifs de l'Œtzthal à l'O. et des

Tauern à l'E., dans laquelle les roches sédimentaires ont pu se maintenir à un niveau relativement bas sans subir de grands bouleversements. Aussi cette dépression est-elle devenue de bonne heure la grande voie de communication entre les deux versants des Alpes. C'est par là que les populations asiatiques se sont ruées sur l'Italie lors de la migration des peuples; c'est par là que les empereurs d'Allemagne conduisaient leurs légions en Lombardie pendant les longues et sanglantes guerres des Guelfes et des Gibellins. De nos jours, c'est la principale route d'Inspruck à Milan et nous pouvons espérer voir bientôt la locomotive la traverser.

Les masses cristallines situées à l'orient de la dépression de l'Adige ne le cèdent ni en grandeur ni en magnificence à celles que nous venons de passer en revue. La force soulevante, après avoir en quelque sorte repris haleine, semble avoir fait un dernier effort pour rivaliser avec les Alpes centrales, en formant cette longue ligne de sommets neigeux qu'on désigne sous le nom de *Tauern* et de *Keese*.

Les anciennes cartes géologiques représentent toute la chaîne des Tauern comme formant un seul noyau cristallin depuis le Zillerthal jusqu'à l'Ankogel. Les recherches récentes des géologues autrichiens viennent de nous révéler des zones de terrains stratifiés qui s'entrelacent entre les différents sommets et les divisent en un certain nombre de massifs plus ou moins nettement circonscrits, comme dans les Alpes centrales. Il y a longtemps que l'on savait que le point culminant de toute la chaîne des Tauern, le Gross-Glockner (3686^m) n'était pas granitique, mais se composait, comme l'Ortles, de schiste sédimentaire. Nous savons aujourd'hui que ces mêmes schistes forment une zone continue, qui s'en va rejoindre au N. les terrains paléozoïques de la Salza, tandis qu'ils se continuent à l'O. jusqu'à l'Adige (le long de l'Isel et de l'Ahren). De la sorte le massif des Tauern se trouve aujourd'hui sensiblement réduit; mais il n'en forme pas moins la partie la plus imposante de toutes les Alpes Noriques, depuis les sources de la Ziller jusqu'au Gross-Glockner. Il comprend d'O. à E. les Puster Tauern (appelés aussi Zemmer-Ferner), les Krimler Tauern, ayant leur point culminant dans le Dreiherrnspitz

(2853^{m}), les Sulzbacher Keese avec le Gross-Venediger (3575^{m}).

Même réduit à ces limites, le massif des Tauern serait encore susceptible de subdivision. M. de Sonklar [1] en particulier voudrait en séparer comme massif à part, sous le nom de groupe du *Zillerthal*, les Puster Tauern ou Zemmer-Ferner qui alimentent la Ziller, en sorte que le massif des Tauern ne commencerait qu'au Dreiherrnspitz pour se continuer jusqu'au Gross-Glockner.

La roche dominante de tout le massif, y compris le groupe du Zillerthal, se compose de gneiss et de schiste micacé. Cependant la séparation d'avec les schistes gris ou paléozoïques n'est pas toujours très-distincte.

XXVII.—Massif de l'Ankogel.

Ce massif est la continuation orientale de la grande chaîne des Tauern, dont il n'est séparé que par le lambeau de schistes paléozoïques dont fait partie le Gross Glockner. Il comprend spécialement les Fuchser Tauern, les Nassfelder Tauern et la belle pyramide de l'Ankogel qui termine en quelque sorte la grande chaîne, dont l'arête principale ne descend guère au dessous de la ligne des neiges éternelles. Plusieurs de ses sommets atteignent même 3000^{m} et au delà; l'Ankogel lui-même a 3250^{m}. A partir de l'Ankogel, le massif cristallin se prolonge encore à l'E. tout en se dégradant, jusqu'au Lieser, où une zone de schistes venant des sources de la Mur au nord le sépare du massif du Gurk. Une zone semblable, qui n'est peut-être que le prolongement de la précédente, le sépare du massif de la Drau au S.

La roche est la même que celle du massif du Tauern, essentiellement du gneiss et du schiste micacé; l'Ankogel en particulier est formé d'un beau gneiss.

XXVIII. — Massif de la Drau.

La zone de schistes, qui du Gross Glockner s'en va regagner à l'O. la grande dépression de l'Adige, longeant d'abord

[1] *Œtzthaler Gebirgsgruppe*, 1860.

la vallée de l'Isel puis celle de l'Ahren (affluent de l'Eisack) a pour résultat d'isoler de la chaîne principale des Tauern un noyau cristallin parallèle au précédent mais plus étroit et plus allongé. Ce massif que nous appelons du nom de la Drau, parce qu'il comprend les sources de cette rivière, rappelle à bien des égards le massif des Quatre-Lacs en Suisse, dont il est en quelque sorte le pendant. Comme ce dernier, il ne s'élève qu'exceptionnellement au dessus de la ligne des neiges éternelles. Le point culminant de tout le massif paraît être le Weissenbacher Spitz, à quelques lieues au nord de Lienz, qui s'élève, dit-on, à 3278ᵐ. La roche dominante est encore ici le gneiss et le schiste micacé. Le gneiss est des mieux caractérisés dans les environs de Lienz, où l'on remarque même une tendance à la structure en éventail.

XXIX. — *Massif des Alpes Carniques.*

Sans compter parmi les grands massifs des Alpes, le groupe des Alpes Carniques est cependant assez proéminant, puisqu'il s'élève à 2900ᵐ dans le Burken-Kogel et à 2690ᵐ dans le mont Baralba. Il est séparé du massif de la Drau par la vallée de la Gail et la zone de terrains sédimentaires qui accompagnent cette rivière. Le noyau cristallin se compose de gneiss et de micaschiste. Il est assez restreint comparativement à l'étendue des montagnes calcaires aux formes pittoresques qui l'entourent du côté du midi et alimentent, de concert avec les pics cristallins, les sources du Tagliamento et de la Piave.

XXX. — *Massif des Alpes Styriennes ou du Hochgolling.*

De tous les rameaux qui se rattachent à l'Ankogel, l'un des plus remarquables se dirige au nord, où il est connu sous le nom de Radstädter Tauern, du nom de la ville de Radstadt qui est assise à son pied septentrional. Cependant ce rameau, le plus élevé de tous, n'est pas cristallin; il est au contraire composé de schiste et de calcaire. La roche cristalline ne reparait que plus à l'E., dans le groupe du Hochgolling pour se continuer de là au N.-E. dans le Hohenwarth.

La roche dominante est encore ici du gneiss et du calcaire; on y a même signalé du véritable granit dans le Hochgolling.

Les limites de ce massif sont, au nord, la zone des schistes paléozoïques de la rive droite de l'Ens, au sud, la dépression de la Mur avec ses dépôts tertiaires, et à l'ouest, la zone de schiste qui des sources de la Mur se dirige le long du Lieser, vers Gmünd.

XXXI.—Massif du Gurk.

Ce massif, compris entre la Mur, le Lieser et la Drau, ne se compose guère que de montagnes de second ordre, qui restent en général sensiblement au dessous de la ligne des neiges éternelles. Sa plus haute cime, l'Eisenhut (2440^{m}) ne fait que l'effleurer. C'est un pays de pâturage, traversé à peu près dans toute sa longueur (d'O. en E.) par le cours supérieur du Gurk. Sa limite orientale est nettement indiquée par une large zone de terrain schisteux correspondant à une dépression que la route de Klagenfurt à la Mur suit dans toute sa longueur. La roche dominante est encore ici le gneiss et le schiste micacé.

XXXII.— Massif des Alpes Carinthiennes.

Ce massif, d'une étendue assez considérable, a pour limite approximative la Mur au N., la dépression du Gurk à l'O., la Drau au S. et la plaine molassique de Grætz à l'E. Nous retrouvons ici à peu près le même caractère que dans le massif précédent, des montagnes aux formes arrondies, couvertes en général de pâturages jusqu'au sommet. Il semble que le noyau cristallin ait fait ici un dernier effort en formant une sorte de grand arc dont le centre est à la Stub-Alp, au nord de St-Léonard. Cet arc, largement ouvert à l'E., était baigné, avant le dernier soulèvement, par la mer molassique dont les dépôts viennent s'adosser immédiatement contre le gneiss, ce qui n'existe nulle part ailleurs. Un autre golfe molassique pénètre du S. dans l'intérieur du massif par la riche vallée du Lavant, qui est justement surnommée « le paradis de la Carinthie. » C'est dans les Alpes dites de Judenburg, en face de la ville de ce nom, que le massif atteint sa plus grande hauteur, dans le Wenzel-Alpenkogel (2140^{m}).

XXXIII. — Massif du Bacherwald.

Le rameau méridional du massif des Alpes Carinthiennes ne s'arrête pas à la Drau; il envoie un dernier prolongement cristallin au delà de cette rivière dans la direction des monts Warasdin. C'est ce prolongement composé de gneiss que nous désignons sous le nom de massif du Bacherwald. Faisant en quelque sorte suite à l'imposante chaîne calcaire des Karawankas, le Bacherwald s'interpose, comme ces derniers, entre la Drau et la Save et forme en même temps la séparation entre la race slave et la race allemande. C'est une agglomération de rides, une sorte de plateau ondulé très-limité, qui n'a pas conservé grand chose du caractère orographique alpin, bien qu'il s'élève encore sur quelques points jusqu'à 1500^{m} (Bacherberg 1580^{m}, Kappa 1537^{m}). Il s'affaisse graduellement au S.-E., où il disparaît sous les terrains secondaires et tertiaires des monts Warasdin.

XXXIV. Massif du Sœmmering.

Le rameau oriental du massif Carinthien se rétrécit à mesure qu'il s'abaisse pour donner passage à la Mur près de Bruck. Cependant la roche cristalline ne disparaît pas pour cela. Elle s'épanouit une dernière fois au delà de cette rivière pour former un massif aux contours très-irréguliers, le massif du Sœmmering ou des Alpes de Fischbach que traverse le chemin de fer de Vienne à Graetz. Nous ne trouvons plus ici que des formes très-adoucies, qui n'ont plus rien du caractère alpin. Les montagnes, en général, n'excèdent guère 1000^{m} d'élévation; la plus haute, le Wechsel, près des sources de la Leitha, ne dépasse pas 1680^{m}. Le massif se compose de deux rameaux parallèles, que les rivières traversent par de nombreuses cluses, pour se déverser au S. dans la plaine molassique, qui borde directement le noyau cristallin, sans qu'aucune roche secondaire ou paléozoïque vienne s'interposer entre le gneiss et la molasse. Un autre petit lambeau cristallin se montre sur la rive septentrionale du lac de Neusiedl. On l'envisage généralement comme le dernier anneau de la chaîne alpine. Cependant il est probable qu'il n'est pas sans liaison avec le noyau granitique qui reparaît à Pressbourg et qui semble relier les Petites-Carpathes aux Alpes.

PARTIE GÉOLOGIQUE.

TERRAINS STRATIFIÉS.

Il n'est pas nécessaire de pénétrer bien avant dans les Alpes pour se convaincre que les terrains stratifiés y sont moins nettement définis que partout ailleurs. Aussi l'étude détaillée des formations y est-elle de date récente. Jusqu'à il y a un quart de siècle, on se contentait de quelques divisions très-générales. En dehors des terrains cristallins, on ne reconnaissait guère, dans l'intérieur des Alpes, que du calcaire alpin, du flysch, du verrucano, auxquels s'ajoutaient à l'extérieur la molasse et la nagelflue.

Aujourd'hui, grâce à l'émulation des gouvernements français, autrichien, bavarois, et au dévouement d'un certain nombre de nos compatriotes, les Alpes ne sont plus une terre exceptionnelle. On y a retrouvé successivement à peu près tous les étages des principales formations, tantôt dans une région, tantôt dans une autre, il est vrai avec des caractères plus ou moins précis.

Les plus grandes difficultés existent dans l'intérieur des Alpes, là où les massifs granitiques sont nombreux et resserrés, et les terrains stratifiés réduits à des zones étroites et souvent très-bouleversées. Cependant, si l'hypothèse que nous avons posée plus haut est fondée, si les noyaux cristallins sont sortis par pression du milieu de la nappe de roches sédimentaires (n'importe que ce soit à l'état pâteux ou solide), il s'en suit que les terrains des zones ou maîts intérieures devront participer des mêmes caractères généraux que ceux qui forment le revêtement extérieur, puisqu'ils étaient nécessairement continus avant le soulèvement.

Le contact des massifs cristallins est une cause d'altérations fréquentes pour les terrains stratifiés; les calcaires y sont non

seulement noircis, mais souvent transformés en marbre ou en dolomie; les schistes et les grès y deviennent cristallins, les poudingues porphyroïdes. Ces altérations sont d'autant plus fréquentes et plus marquées, que les massifs cristallins sont plus prépondérants. C'est parce que les roches cristallines dominent dans les Alpes suisses, que l'étude des dépôts stratifiés y offre tant de difficultés, spécialement dans les maïts ou zones intérieures où les couches sont rarement normales et les fossiles très-rares et toujours mal conservés. Souvent même les altérations sont tellement considérables, que la structure primitive en est complètement oblitérée et que l'on en est à se demander si l'on a à faire à une roche stratifiée ou à une roche éruptive. Dans ce cas, l'étude des roches composant les maïts extérieures n'est autre chose que l'étude des terrains métamorphiques qui constituent la partie la plus difficile de la géologie alpine. Ceux qui veulent se familiariser avec l'ensemble des formations alpines, feront bien d'étudier en premier lieu les zones extérieures avant d'entreprendre l'étude des maïts intérieures.

Maïts ou zones intérieures.

A part leur altération souvent très-profonde, ce qui distingue les roches des maïts, c'est d'appartenir en général aux séries anciennes; les formations récentes n'y jouent qu'un rôle très-subordonné. Ainsi, pour ne citer que quelques exemples, la maït entre le massif du Mont-Blanc et celui des Aiguilles-Rouges ne renferme pas de terrain plus récent que la formation carbonifère. Les vallées de Realp et d'Urseren, comme aussi celle de Bedretto sont limitées aux mêmes terrains avec quelques lambeaux de terrain jurassique. La formation crétacée ne pénètre guère dans l'intérieur de la chaîne, non plus que les terrains éocènes; enfin la molasse, à l'exception de quelques vallées à l'extrémité orientale de la chaîne, est complètement étrangère aux maïts intérieures. On dirait que les terrains récents n'ont pas pu suivre les masses cristallines, lorsqu'elles ont fait irruption et que celles-ci n'ont entraîné avec

elles que les dépôts stratifiés les plus profonds et les plus anciens.

D'ordinaire il n'y a qu'un moyen de connaître l'âge de ces terrains, c'est de rechercher leur liaison avec les terrains de la zone extérieure. C'est ainsi que nous avons dans le Valais, près de Sion, le terrain carbonifère très-bien caractérisé avec des bancs de houille en exploitation. Ces bancs de houille sont accompagnés d'autres roches dont la position, l'allure et en général les caractères stratigraphiques sont connus. Ces caractères sont parfois assez prononcés pour être reconnaissables, même en dépit des altérations qui peuvent survenir; tels sont les conglomérats, certains schistes. La houille faisant défaut, ce sont ces roches que l'on devra suivre de proche en proche, si l'on veut s'enquérir de l'âge des terrains de telle ou telle maît. C'est ainsi que l'on s'est assuré que le terrain carbonifère des environs de Sion se prolonge jusqu'à la Fourka, et même plus loin jusqu'à Andermatt, occupant, sous une forme, il est vrai, souvent très-altérée, toute la grande maît entre le massif du Finster-Aar et celui du Simplon.

Le degré d'altération des terrains stratifiés des zones ou maîts intérieures ne saurait cependant être en soi une preuve de leur ancienneté. La maît de la Fourka, qui n'est que la continuation de celle de la vallée du Rhône et celle du val Bedretto renferment l'une et l'autre des bélemnites dans des terrains très-métamorphosés, remplis de paillettes de mica et de grenats, la première à la Fourka même, la seconde au col de Nuffenen, dans des couches que l'on rangeait, il y a quarante ans, dans les terrains cristallins et qui aujourd'hui sont reconnues pour appartenir à la formation jurassique.

Zone extérieure.

Nous avons vu plus haut, en analysant la coupe du St-Gothard, que les caractères des différentes formations se dessinent d'autant mieux qu'on s'éloigne d'avantage des massifs granitiques. Cette règle se confirme partout. La zone extérieure présente un champ d'exploration beaucoup plus fécond et plus encourageant que les zones ou maîts intérieures. Ici il

ne s'agit plus seulement de flysch, de calcaire alpin, de verrucano. On y rencontre toute la série des formations, depuis les terrains paléozoïques jusqu'aux terrains tertiaires; elles se montrent d'autant plus distinctes, que la zone est plus large et plus éloignée des noyaux granitiques. C'est pour cela que les Alpes orientales sont plus favorables à l'étude des terrains stratifiés, que les Alpes centrales. Aussi les recherches des géologues autrichiens dans les Alpes orientales ont-elles fait faire des progrès importants à la stratigraphie alpine.

Il y a vingt ans, on supposait qu'il n'existait pas dans les Alpes suisses de terrain de sédiment plus ancien que le lias. On réunissait sous le nom de terrain mixte une série de dépôts en contact immédiat avec le gneiss et composés de quarzites, de calcaires dolomitiques, de cargneule, de schistes argileux rouges et de conglomérats très-puissants. Venaient ensuite les puissants massifs de calcaire qui surmontent ces schistes et ces dolomies et qui forment, au contact des roches cristallines et sédimentaires, de grands massifs dont les abrupts sont tournés vers le noyau granitique. On les désignait sous le nom de *calcaire des hautes Alpes*. La formation crétacée était connue, mais peu définie; on lui rapportait encore le terrain nummulitique des Diablerets, de la dent de Morcles, ainsi que les puissants dépôts de schiste gris qui occupent une si grande partie des montagnes d'Appenzell, Schwytz et Unterwalden.

Le versant méridional des Alpes Suisses était encore moins connu et l'étude des Alpes orientales était à peine ébauchée. Aujourd'hui les choses ont bien changé. Les formations suivantes sont définitivement établies.

SÉRIE PALÉOZOÏQUE.

C'est dans les Alpes orientales où les roches sont le moins altérées que l'on doit s'attendre à trouver les formations anciennes les mieux caractérisées. En effet, la formation carbonifère n'y est pas le seul représentant de la série paléozoïque. On retrouve aussi dans les environs de Grætz des traces de la

formation silurienne. Les Alpes Noriques sont entourées, à peu près sur tout leur pourtour, d'une large zone de terrain carbonifère. Le même terrain, sous la forme de schiste gris, constitue une grande partie du sol des Grisons; il occupe également le fond des maîts qui séparent les Alpes Bernoises des Alpes Lépontines et acquiert de nouveau un très-grand développement entre les Alpes Piémontaises et les Alpes occidentales. Il est démontré aujourd'hui que le célèbre terrain anthraxifère de Petit-Cœur, sur lequel des doutes ont prévalu pendant longtemps, appartient bien réellement au terrain houiller. Ce même terrain se continue, à partir de la Tarentaise, jusqu'à l'extrémité des Alpes Maritimes.

A mesure que l'on passe des Alpes orientales aux Alpes centrales, les roches paléozoïques se montrent toujours plus altérées; néanmoins, on observe encore sur nombre de points des traces de houille, mais rarement en bancs exploitables. Les plus remarquables sont ceux du Valais, mais la qualité en est inférieure. Il existe sur les flancs du Mont-Blanc un conglomérat très-remarquable connu sous le nom de conglomérat de Valorsine, que l'on sait aujourd'hui appartenir à la formation houillière et qui est devenu un excellent guide partout où il existe.

SÉRIE SECONDAIRE ou MÉSOZOÏQUE.

Formation triasique.

La formation triasique a été pendant longtemps envisagée comme l'apanage des Alpes orientales. On la trouve en effet largement développée du moment que l'on franchit le Rhin, non seulement dans la zone extérieure du Voralberg et du Tyrol, mais aussi dans la grande zone ou maît dont fait partie l'Albula et qui s'avance comme un golfe profond entre les massifs de Selvretta, d'Œtzthal et de Bernina. La même formation se retrouve sur le versant méridional, où venant de l'est, elle s'avance à l'ouest jusqu'au lac de Lugano, pour se terminer dans la magnifique pyramide du mont San-Salvadore,

Les roches qui rentrent dans ce groupe sont:

1° Le *verrucano*. C'est un grès rouge passant au conglomérat, très-répandu dans toute la chaîne des Alpes centrales et orientales. Souvent aussi il affecte la forme de schistes rouges et verts, surtout dans les Alpes autrichiennes, où il est connu sous le nom de *schiste de Werfen.*

Il se montre également dans les zones intérieures, particulièrement au Stelvio. On est généralement convenu de l'envisager comme le représentant du grès bigarré.

2° Le *Muschelkalk*, représenté par de nombreux bancs de calcaire qui accompagnent et recouvrent le verrucano. Avec ce calcaire se trouvent associées de puissantes masses de dolomie d'un gris de cendre tirant au noir. C'est surtout aux environs d'Innspruck que cet étage est bien développé. Il se retrouve aussi dans le Val Trompia, sur le versant méridional, avec ses fossiles caractéristiques. En Carinthie, il a été décrit sous le nom de *calcaire de Guttenstein.*

3° Le *Keuper*. Ce ne sont plus des marnes bigarrées, comme dans le Jura, mais des schistes noirs accompagnés de puissantes masses de dolomie qui atteignent jusqu'à 1000' d'épaisseur. Ces dolomies elles-mêmes sont suivies d'un groupe particulier, propre aux Alpes, le calcaire de St-Cassian, remarquable par ses nombreux et beaux fossiles; il est surtout bien caractérisé sur le revers méridional de la chaîne, dans les Alpes Trentaises.

Il existe en outre dans les Alpes orientales plusieurs groupes sur lesquels les géologues ne sont pas d'accord; ce sont les couches de Kœssen, en Tyrol, qui paraissent être l'équivalent du bonebed, et les couches à Avicula contorta, qui correspondent, selon toute apparence, à l'infra-lias. Ce dernier groupe est aussi très-développé dans les Alpes Lombardes, où il a été l'objet de recherches très-fructueuses de la part de M. Stoppani. Enfin le calcaire de Hallsatt des géologues autrichiens doit aussi probablement être rapporté au Keuper supérieur, ainsi que les couches de Raibel en Carinthie.

Rien de tout cela n'existe dans les Alpes occidentales; cependant la formation triasique ne paraît pas y être tout à fait étrangère, et il y a quelque raison de supposer que les car-

gneules (Rauchwake) qu'on rencontre sur nombre de points en sont les représentants.

Formation liasique.

D'ordinaire et lorsqu'il n'est pas modifié par des influences subséquentes, le lias se présente sous la forme de roches essentiellement marneuses et peu solides, qui prêtent à la désagrégation, ce qui fait que dans le Jura ses affleurements ne donnent pas lieu à des reliefs, mais correspondent à des dépressions connues sous le nom de combes. Il en est autrement dans les Alpes, où le lias est un calcaire d'ordinaire très-dur et qui par conséquent joue un rôle bien différent dans l'orographie, témoins les roches de Meillerie sur le lac de Genève. M. Lory lui rapporte les schistes ardoisiers de l'Oisans et les calcaires compactes du Briançonnais. Il est bien connu dans les Alpes vaudoises, à Bex, où il alterne avec de puissantes assises de gypse qui renferment le sel gemme de cette localité. On le retrouve à Châtel-Saint-Denis, près de Blumenstein où l'on a constaté les trois grands groupes de la formation, (lias inférieur, lias moyen et lias supérieur). Mais c'est dans les Alpes orientales qu'il atteint tout son développement. Déjà très-développé dans le Voralberg, il devient la roche dominante dans les Alpes de Salzbourg et d'Adompt, où il se présente avec des caractères tout différents de ceux qu'il affecte dans les Alpes suisses. Les géologues autrichiens y distinguent de bas en haut :

Le *Dachsteinkalk* composé de puissantes masses de calcaire bien stratifié, formant quelques-unes des plus hautes montagnes de l'archiduché d'Autriche, et les *couches de Gresten*, qui sont également des calcaires alternant avec des grès et schistes bruns.

Ces deux groupes, auxquels s'associent de puissantes masses de dolomie, représentent, d'après les géologues autrichiens, le lias inférieur dans toutes les Alpes Styriennes.

Le lias supérieur est représenté, dans les Alpes orientales, par une roche des mieux caractérisées; c'est un calcaire gris

et rouge souvent spathique, quelquefois concrétionné, riche en pétrifications surtout en ammonites, rappelant à bien des égards le *calcareo ammonitico rosso* de la zone méridionale. Les géologues autrichiens le désignent sous le nom de *calcaire* ou *marbre d'Adneth*, d'une localité célèbre dans la vallée de la Salza.

Formation oolitique.

On ne doit pas s'attendre à retrouver dans les Alpes les subdivisions nombreuses de cette formation, telles qu'elles sont connues en Angleterre, en France, en Allemagne et dans le Jura suisse. Cependant on y a reconnu les divisions principales, ainsi, dans les Alpes suisses, l'oolite inférieure, l'oxfordien et l'oolite supérieure. L'oolite inférieure est en général la moins développée et paraît limitée aux Alpes Bernoises, entre l'Arve et l'Aar. Ce sont encore les environs de Blumenstein, dans la chaîne du Stockhorn, qui sont, sous ce rapport, les mieux caractérisés.

L'*oolite moyenne* (*oxfordien*) joue un rôle bien plus considérable. C'est à ce groupe que doivent être rapportées ces énormes masses de calcaire que l'on désignait autrefois sous le nom de *calcaire des Hautes-Alpes* (Hochgebirgskalk), dont les abrupts, de plusieurs centaines de mètres de hauteur, font face, sur nombre de points, aux noyaux cristallins, ainsi à Grindelwald et dans le Hassli. Sous le nom de *calcaire de Chatel*, il s'élève du milieu de la zone de macigno, comprise entre l'Arve et l'Aar, formant, entre autres, la Dent d'Oche, le Moléson, la Dent de Branleire et une partie de la chaîne du Stockhorn. Mais c'est dans les hautes montagnes qui forment la ceinture immédiate du massif du Finster-Aarhorn, que ce calcaire est surtout en évidence; il y donne lieu à des cimes qui rivalisent avec les plus hauts sommets des Alpes; tels sont l'Altels (3634^{m}), la Blumlis-Alp (3661^{m}), le Wetterhorn antérieur (3707^{m}), le Titlis (3239^{m}). Il forme les gigantesques coins qui se trouvent intercalés dans le gneiss à la Jungfrau, au Mettenberg, au Laubstock. C'est un calcaire finement cristallin, schisteux, sec, sonnant comme du verre au contact du

marteau. Il renferme souvent des nids d'un minerai de fer particulier, le chamosite, ainsi appelé, parce qu'il se trouve au fond de la vallée de Chamoson en Valais. Un minerai semblable se retrouve au Gonzen, près de Sargans, où il est exploité depuis plus de six siècles, si même l'exploitation ne remonte pas au temps des Romains. C'est le même terrain qui fournit les célèbres ciments de la Porte de France, dans le Dauphiné.

On doit probablement rapporter au même étage oxfordien les calcaires qui forment la masse principale de la Windgelle, ainsi que les chaînes du Scherrhorn (3296^m) et des Clarides (3258^m), d'où il se prolonge jusque vers Glaris. Les calcaires du Toedi et du col de Panixer sont de la même roche. Enfin, ce calcaire donne fréquemment lieu à des surfaces nues qu'entament de profondes fissures séparées par des lames souvent très-aigues, les lapias (Karrenfelder), qui sont l'un des traits les plus curieux du paysage alpin. Il en existe d'assez remarquables près du Dauben-See, au sommet de la Gemmi.

Les fossiles sont rares dans ce calcaire; ils se bornent à quelques bélemnites et à un petit nombre d'ammonites. Les bélemnites sont souvent traversées par des veines de quartz et de spath calcaire; les ammonites sont allongées, indiquant que la masse a été soumise à un étirement remarquable. Les espèces les plus communes sont les *Belemnites hastatus* Bl. et l'*Ammonites tortisulcatus* d'Orb.

A défaut de fossiles, les caractères de la roche sont en général assez tranchés pour servir de guide dans la détermination. Au touriste nous recommanderons de se défier de cette roche qui est très-peu sûre dans les ascensions.

On a signalé un calcaire semblable dans les Alpes du Voralberg. Des fossiles récemment découverts dans le Val Ferret indiquent le même étage. Mais, somme toute, c'est dans les Alpes Bernoises qu'il atteint son plus grand développement.

Oolite supérieure.

Ce groupe est relativement restreint. On ne l'a pas encore signalé dans les Alpes orientales, ni dans les parties E. de la

chaîne centrale. Il paraît être également étranger aux Alpes occidentales. Les principaux districts où il se trouve, sont les parties supérieures des vallées de la Simmen et de la Sarine, entre la chaîne du Moléson et les Hautes-Alpes. Il existe également dans le Chablais où il s'élève à une grande hauteur dans la chaîne des Cornettes, ainsi que sur la rive droite du Rhône, où il forme les pittoresques tours d'Ay (2313^m), de Mayen (2323^m) et de Famélon (2158^m), pour se prolonger jusqu'aux bains de Wyssenburg.

La roche est un calcaire noir, souvent schisteux, surtout à la base, où il renferme des bancs de houille qu'on exploite au pied N. des Cornettes, dans le val d'Abondance et non loin de là, près de Vouvry, sur le flanc N. de la chaîne méridionale. La houille est très grasse, mais ses bancs sont peu épais, de six à dix-huit pouces. Cette houille ainsi que les schistes qui l'entourent sont remplis d'une quantité de coquilles en partie lacustres, en partie marines. On n'y a pas encore recueilli de débris de plantes. Il y aurait quelque intérêt à s'assurer si ces dépôts ne sont pas l'équivalent du Purbeck ou Dubisien du Jura.

Formation crétacée.

La présence et la manière d'être de cette formation dans les Alpes a été mise en lumière par les travaux des géologues modernes. A part les macignos et calcaires à nummulites, qu'on rangeait précédemment dans la formation crétacée et que l'on rapporte maintenant à la série tertiaire, la formation crétacée était limitée, sur la carte des Alpes, à quelques zones étroites de gault et de calcaire à rudistes et à orbitolites. Aujourd'hui tous les étages y sont à peu près représentés. Leur distribution générale est à peu près la même que celle de l'oolite moyenne et supérieure. C'est dans les Alpes occidentales et centrales que se sont surtout concentrés les dépôts de cette formation. Les Alpes orientales sont moins favorisées sous ce rapport, à moins qu'on n'y rapporte le grès de Vienne.

L'étage néocomien que l'on ne connaissait pas il y a trente ans, se trouve être aujourd'hui le plus considérable et le plus

puissant de toute la série. Très-répandu en Provence, le néocomien se prolonge de là au N.-E., le long du versant extérieur des Alpes Occidentales, où il forme la Grande-Chartreuse, pénètre de là en Savoie, entoure les lacs du Bourget et d'Annecy, puis se divise en deux zones l'une jurassique, l'autre alpine. Cette dernière, en se prolongeant à l'E., traverse l'Arve près de Cluse, forme le revêtement du Buet et de la Dent du Midi, traverse le Rhône à Saint-Maurice, regagne, en longeant l'Oldenhorn et le Wildhorn, la Gemmi, pour suivre le cours supérieur de la Kander, forme le Beatenberg sur le lac de Thoune, la plus grande partie du Faulhorn et de la Scheideck, se continue par le Brienzer-Grat dans les Petits-Cantons, embrasse en grande partie le lac des Quatre-Cantons, où il forme le Pilate, le Hochfluh, les Mythen, regagne le lac de Wallenstadt, en s'élevant jusqu'au sommet du Glarnisch, puis se bifurquant à Wasen, s'en va former d'une part la chaîne des Churfürsten et d'autre part la chaîne du Sentis, qui se continue elle-même au-delà du Rhin dans le Voralberg jusqu'à l'Iller. Enfin, c'est à ce groupe qu'il faut rapporter le grès de Vienne, si tant est qu'il soit crétacé.

Un terrain aussi puissant que le néocomien ne saurait être un groupe homogène. On y distingue en effet plusieurs sous-divisions dont chacune mérite le rang d'étage distinct. Ce sont:

Le *Valangien*, le plus inférieur de tous, dont le type est dans le Jura neuchâtelois, mais qu'on a retrouvé sous la forme d'un calcaire dur et siliceux, sur divers points des Alpes, entre autres au Glærnisch, au Sentis et au lac du Bourget.

Le *Néocomien propre* ou calcaire à Spatangus; il ne ressemble en rien au néocomien du Jura. C'est un calcaire noir et schisteux, mélangé de silice qui le rend parfois très-dur. Ce n'est pas en général une roche très-fossilifère. Certaines localités cependant font exception, entre autres celles de Ricki et de Rofaien au-dessus de l'Axenberg, quelques localités de la vallée supérieure de la Sihl, ainsi que du Sentis. Les fossiles caractéristiques sont, comme dans le Jura, le *Toxaster* (Spatangus) *complanatus*, l'*Exogyra Couloni* et l'*Ostrea macroptera*.

Le *Calcaire à criocères.* Cette forme du néocomien, qui est complètement étrangère au Jura, mais qui par contre joue un très-grand rôle en Provence, se retrouve dans diverses parties des Alpes, entre autres près de Châtel-St-Denis et dans la chaîne du Stockhorn, dont elle forme quelques-uns des plus hauts sommets, tels que le Burglen, le Gantrisch, le Neuenen. C'est un calcaire compact à cassure conchoïdale, d'un gris clair tacheté de noir. Il renferme, outre plusieurs bélemnites et ammonites, des criocères et des ancylocères de même espèce que celles d'Escragnolles et Castellane en Provence. Le même calcaire à criocères se retrouve aussi aux Voirons.

L'*Urgonien* ou *calcaire à caprotines* (calcaire à rudistes, Schrattenkalk). C'est un calcaire compact, très-dur, d'ordinaire plus clair que le vrai néocomien, en général très-aride, formant des zones qui se distinguent de loin par leur teinte claire sur les parois des montagnes escarpées, par exemple à l'Abendberg près d'Interlacken et sur les flancs du Hochgant. Lorsqu'il se trouve sur les sommets, les eaux pluviales en suivent les fissures, y creusent des sillons tortueux qu'on désigne dans l'Entlibuch sous le nom de Schratten, de là le nom de « Schrattenkalk » que lui donnent les géologues suisses. De grandes surfaces, des plateaux entiers, sont quelquefois rendus déserts par cette action des eaux atmosphériques, témoins les Silberen au sud du Progel. Les fossiles les plus caractéristiques sont la *Caprotina Ammonia*, le *Radiolites neocomensis*, le *Pteroceras pelagi.* Il renferme aussi plusieurs zones pétries d'orbitolites, qui sont un excellent guide pour les explorateurs.

Gault. Ce terrain fut pour la première fois signalé dans les Alpes par Alex. Brongniart, qui constata que les fossiles de la montagne des Fizs, en Savoie, étaient les mêmes que ceux de la Perte-du-Rhône. On l'a reconnu depuis au lac des Quatre-Cantons, non loin de Beckenried, au lac de Lowerz, au Pragel, au-dessus d'Yberg et dans les Churfürsten. On le retrouve au Sentis, d'où il se poursuit à travers le Voralberg jusque dans les Alpes Bavaroises. Il se présente d'ordinaire sous la forme d'un grès vert passant au noir. Il n'a qu'une faible épais-

seur, et comme sa consistance n'est pas très grande, il n'occupe jamais une position très proéminente. Mais, d'un autre côté, il est rare qu'il ne renferme pas de fossiles et comme ceux-ci sont des plus caractéristiques, les géologues les recherchent avec un soin particulier. C'est un des meilleurs horizons dans les Alpes calcaires. Nous renvoyons aux manuels de géologie pour l'énumération des espèces de coquilles fossiles qu'il renferme. Les localités les plus riches sont le Reposoir, Sacconex, Bossetan en Savoie, et la Meglisalp et la Seealp dans le Sentis.

Craie ou *calcaire de Sewen* [1]. Le gault est surmonté, sur divers points des Alpes, d'une épaisse couche d'un calcaire compact distinctement stratifié, à cassure conchoïdale, ordinairement d'un gris foncé, quelquefois bitumineux, qui ne ressemble aucunement à de la craie, et qui cependant en est l'équivalent, car ses fossiles sont les mêmes. On y trouve entre autres l'*Ananchytes ovata*, le plus caractéristique de tous les fossiles de la craie blanche. Cette roche atteint son plus grand développement sur le revers des Churfürsten et dans les montagnes de l'Appenzell, où elle forme les sommités bien connues du Kamor (1758^m), du Hohenkasten (1768^m), du Sentis (2504^m) et l'Ebenalp. On le poursuit de là dans le Voralberg jusqu'à la vallée de l'Iller, recouvrant régulièrement le gault. Il se retrouve dans la même position en Savoie, spécialement à l'Alpe de Sales, au pied de la montagne des Fizs. Enfin, il reparaît sur le revers méridional, dans les Alpes Véronaises, sous la forme d'un calcaire blanc ferrugineux, la *scaglia*.

SÉRIE TERTIAIRE.

Formation éocène.

La formation éocène se compose dans les Alpes de deux puissants étages, le *terrain nummulitique* et le *flysch* ou *macigno*. Quoique d'aspect et de composition très-différents, ces

[1] La craie marneuse ou grès vert supérieur n'a pas encore été signalée dans les Alpes, à moins qu'on ne veuille y rapporter les terrains de la Gosau.

deux groupes n'en sont pas moins très-étroitement liés entre eux. Non-seulement ils s'accompagnent sur une foule de points, mais il est aussi des localités où l'on voit les nummulites passer dans le macigno, ainsi aux Voirons et au Gurnigel.

1° *Terrain nummulitique.* C'est tantôt un calcaire gris assez dur, tout pétri de nummulites, ce qui lui donne parfois une apparence spathique très-prononcée, (bains de Pfæfers), tantôt un grès verdâtre ou un schiste ferrugineux renfermant une foule de grosses térébratules et de nombreux échinides, particulièrement dans la vallée de la Sihl, au sud d'Einsiedlen. Le fer s'y trouve quelquefois en assez grande quantité pour pouvoir être exploité, entre autres dans la célèbre localité de Kressenberg.

Un large lambeau de ce terrain apparaît sur les bords de la Durance et forme, sur un espace assez considérable, le revêtement oriental du massif de l'Oisans. Il reparaît ensuite en Savoie, où il renferme (près d'Annecy) des bancs de houille. Le même terrain se continue sur le revers de la Dent du Midi, où il s'élève à une grande hauteur; il forme le sommet de la Dent de Morcles et du Mœuveran.

Les Diablerets sont connus depuis longtemps par leur nombreux fossiles, qui appartiennent à cet étage, et que l'on recueille en quantité au Pas de Cheville. Les points culminants de la large chaîne que traversent les cols de Sanetsch (2246^{m}), de Rawyl (2421^{m}) et de la Gemmi (2302^{m}) sont composés essentiellement de calcaire nummulitique; l'Oldenhorn (3124^{m}), selon toute apparence lui appartient aussi.

La même zone se prolonge, en longeant la Kander jusqu'au lac de Thoune, pour se continuer jusqu'au lac des Quatre-Cantons. Une zone à peu près parallèle et séparée de la précédente par le massif du Faulhorn, forme le sommet des cols de la Wengern Alp et de la Scheideck et s'étend jusqu'à Rosenlaui. C'est la même zone qui reparaît ensuite à Altorf et se prolonge par le Schæchenthal, à travers la vallée de la Linth, vers les bains de Pfæfers, formant en passant le revêtement des Clarides et du Biferten et occupant le sommet de presque tous les cols qui conduisent de Glaris aux Grisons (Kistenpass (2761^{m}), Panixerpass (2420^{m}) Segnespass (2521^{m}).

Mais c'est dans le canton de Schwyz que la formation atteint son plus grand développement. La roche prend ici un aspect un peu différent; au lieu de calcaire, elle se compose essentiellement de grès verts qu'on pourrait confondre avec le gault, n'étaient les fossiles. Les environs d'Yberg sont surtout riches en pétrifications, qui étaient déjà connues de Scheuchzer.

Une zone de calcaire nummulitique forme enfin l'encadrement du Sentis des deux côtés du massif, mais sans pénétrer dans l'intérieur. Les Fähnern, dans le canton d'Appenzell, sont connus comme gisement de fossiles. La formation ne paraît pas se prolonger sur la rive droite du Rhin, bien que le flysch y soit très-développé dans le Voralberg. En revanche, on voit reparaître des nummulites sur divers points des Alpes Styriennes, dans des calcaires et dans des grès qui ressemblent singulièrement au grès de Vienne.

Quant à la zone méridionale, non seulement le nummulitique ne lui est pas étranger, mais il y forme l'une des roches les mieux connues. Les fossiles nummulitiques du Véronais et du Vicentin sont recherchés depuis longtemps par les collecteurs, et les poissons du Monte Bolca jouissent d'une réputation bien méritée.

Flysch ou Macigno.

C'est la plus curieuse de toutes les formations sédimentaires des Alpes. Sans analogie dans le Jura, les Vosges, la Bohême, elle acquiert un développement extraordinaire dans la chaîne alpine. Sa puissance est de plusieurs mille pieds, et ce qui n'est pas moins curieux, à l'exception de quelques gîtes spéciaux, elle ne renferme point de débris d'animaux. Les seuls fossiles qu'on y rencontre, et qui sont parfois très-nombreux, sont des fucus; et pourtant la structure de la roche semble indiquer des conditions de tranquillité et de calme qui d'ordinaire sont favorables à la vie animale.

La forme ordinaire du flysch est un schiste gris à grain fin, peu solide et se désagrégeant facilement, en sorte que la végétation y prend pied plus facilement qu'ailleurs. Aussi, lors-

qu'on aperçoit, dans les Alpes, des parois escarpées garnies de verdure et de pâturages, on peut être à peu près certain que c'est du flysch. Dans ce cas, le pied des escarpements est d'ordinaire recouvert d'énormes talus d'éboulement. La Gruyère doit au flysch l'excellence de ses pâturages.

Parfois cependant ce schiste acquiert une dureté assez considérable, de manière à pouvoir être utilisé comme ardoise, par exemple en Savoie, au Niesen, à Pfæfers et surtout à Glaris, où se trouvent les célèbres schistes à poissons. Ailleurs le flysch se présente sous la forme d'un grès à grain fin, d'un vert foncé, marqué de taches grises ou d'un vert clair, le grès de *Taviglianaz*, ainsi nommé d'une Alpe de ce nom située sur le chemin de Bex à Azeindaz, dans les Alpes vaudoises.

Le *grès de Ralligen*, au bord du lac de Thoune, paraît aussi devoir trouver sa place ici; ce serait un équivalent lacustre. C'est un grès assez solide, verdâtre ou rougeâtre, qui s'étend depuis le lac de Genève jusqu'à Ralligen, où il renferme des empreintes de plantes rappelant la flore de Sotzka en Styrie.

Aucune autre formation, à part peut-être le terrain carbonifère, n'occupe une aussi grande surface que le flysch. Depuis l'Apennin, où il est connu sous le nom de Macigno, nous le voyons former une zone à peu près non-interrompue autour des Alpes jusqu'aux environs de Vienne. Il n'est pas moins développé sur le flanc méridional, où il se montre d'abord par lambeaux dans la plaine miocène au sud de Grætz, puis acquiert un développement toujours plus considérable sur le pourtour des Alpes Vénitiennes et Lombardes. Ses derniers contreforts viennent mourir au lac Majeur.

Malgré ses caractères pétrographiques et paléontologiques très-différents, le flysch est cependant intimement lié au calcaire nummulitique et les passages de l'une des formes à l'autre ne sont pas très-rares. Il se trouve avec ce dernier dans les mêmes maîts et sur les mêmes croupes et plateaux, mais comme il est la roche supérieure, il en résulte qu'il se déploie en général sur de plus grandes surfaces.

C'est entre le Rhône et l'Aar que le flysch présente le plus de variété. M. Studer y distingue six zones distinctes, dont les principales sont:

La *zone extérieure* qu'on peut considérer comme le prolongement des Voirons; elle revêt le flanc oriental du Moléson et forme les rampes vertes de la Béra (1722^m) et du Gurnigel (1548^m). C'est un grès à grain fin, que l'on distingue quelquefois sous le nom de grès du *Gurnigel*, et qui renferme une quantité de *Chondrites intricatus* et *Ch. Targioni.*

La *zone du Simmenthal;* elle traverse le pays d'Enhaut près de Rougemont, s'élève à 2057^m dans le Hundsrücken et occupe ensuite le Simmenthal. C'est un schiste arénacé renfermant, près de Sepey, des deux côtés de la Grande-Eau, l'une des plus curieuses roches des Alpes, un conglomérat de blocs anguleux de protogine, gneiss, schiste micacé, quarz, qui sont entassés comme dans un mur cyclopéen, sans être distinctement cimentés par le flysch.

La *zone du Niesen.* Le flysch n'atteint nulle part dans les Alpes une aussi grande puissance; il s'élève dans le Niesen à 2365^m. La roche est formée à la base de schiste noir, au sommet de brèches calcaires et d'un grès qu'on a désigné sous le nom de *grès du Niesen.* On y trouve les fucoïdes ordinaires, et l'on ne saurait plus douter aujourd'hui que ce grès n'appartienne au flysch, bien que son isolement et sa disparition subite du côté du lac de Thoune soient encore une énigme; car il n'y a pas trace de grès du Niesen sur la rive droite du lac.

La *zone des Diablerets;* elle comprend des schistes noirs mêlés de calcaires et de grès, qui recouvrent le calcaire nummulitique aux Diablerets, au Sanetch, au Strubel et dans les montagnes du Kanderthal et du Kienthal. M. Studer y rapporte aussi les masses de schiste et de calcaire arénacé qui forment les sommets du Schilthorn (2965^m) de la Schwalmere (2737^m) et que l'on exploite près d'Interlaken à Unspunnen et Goldswyl.

Le flysch de la vallée de Habkeren mérite une mention toute spéciale à cause des énormes blocs de granit qu'il renferme et qui ont donné lieu à de nombreuses controverses. Ces blocs parfaitement arrondis sont composés d'un granit complètement étranger aux Alpes, ce qui empêche de les considérer comme des blocs erratiques. Leur origine est encore un mystère.

Le flysch de Glaris est justement célèbre par les empreintes de poissons que recèlent les ardoises de cette localité. Pendant longtemps, on a été dans l'incertitude sur l'âge de ces schistes. Aujourd'hui que l'on connaît les relations intimes de ces ardoises avec le calcaire nummulitique, cette circonstance, jointe au caractère même des poissons ne permet plus de douter que nous n'ayons affaire à une forme locale du flysch. La présence de poissons, qui appartiennent pour la plupart à des types voraces, est en outre une preuve que la mer du flysch devait héberger d'autres animaux pour leur servir de pâture.

Au Sentis, le flysch ne forme qu'une zone assez étroite qui entoure les masses calcaires. A l'extrémité orientale du massif se trouve la localité appelée Fähnern, qui renferme les gisements les plus riches en fucoïdes. La même zone se poursuit de l'autre côté du Rhin, où elle entoure le massif du Voralberg; le flysch paraît s'appuyer ici directement contre les roches crétacées, le calcaire nummulitique faisant défaut. Les deux zones qui forment la ceinture du Voralberg se réunissent à l'extrémité de ce massif, sur les bords de l'Iller, pour de là se continuer comme revêtement extérieur des Alpes orientales dans les Alpes Bavaroises, du Salzbourg, d'Adompt, jusqu'à Vienne.

Formation miocène.

Cette formation qui, sous le nom de molasse, occupe toute la plaine suisse entre les Alpes et le Jura, ainsi que la grande plaine bavaroise et qui se prolonge, en se rétrécissant, jusqu'à Vienne, ne pénètre nulle part dans l'intérieur des Alpes. La grande zone de molasse de la plaine de Grætz, qui entoure l'extrémité orientale de la chaîne alpine, ne fait également que baigner en quelque sorte les Alpes Carinthiennes, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'elle se montre dans quelques vallées.

Ce fait est important pour l'histoire du sol alpin, puisqu'il nous apprend que tout l'espace occupé aujourd'hui par les Alpes a dû être terre ferme, pendant que la mer miocène déposait la molasse. C'est en quelque sorte la répétition de

ce qui s'était passé auparavant dans le Jura, la Suisse septentrionale et l'Allemagne centrale, pendant l'époque éocène, alors que toutes ces contrées étaient émergées, tandis que le sol des Alpes et de l'Apennin était occupé par la vaste mer du flysch. Un grand mouvement de bascule séculaire semble ainsi avoir précédé le soulèvement des Alpes.

La molasse, pour être limitée à la zone extérieure, n'en a pas moins participé au soulèvement. Ses couches ne sont pas seulement redressées, plissées, contournées, mais des montagnes entières ont été renversées et mises en quelque sorte sens dessus dessous, entre autres le Rigi. C'est ainsi seulement qu'on s'explique comment il se fait que près du Rigi-Scheideck on voit l'éocène et le crétacé reposer sur le conglomérat miocène. La même disposition se voit au Speer et sur bon nombre d'autres points du bord des Alpes.

REVERS MÉRIDIONAL DES ALPES.

Les terrains stratifiés du revers sud des Alpes sont distribués d'une toute autre manière que ceux du revers septentrional. Au lieu d'un revêtement continu, nous les voyons former à l'extrémité orientale de la chaîne une zone très-large qui se rétrécit graduellement à l'O., pour disparaître complètement sur les bords du Tessin. Les massifs des Alpes Grecques et Cottiennes, qui bordent la plaine du Pô à l'O., en sont complètement dégarnis; ils ne reparaissent que sur les flancs des Alpes Maritimes et Liguriennes.

Jusqu'à ces derniers temps, la distribution des terrains stratifiés du revers sud n'était que très-imparfaitement connue. Les ténèbres qui les recouvraient commencent cependant à se dissiper sous le souffle de la *geologische Reichsanstalt*, qui a déjà rendu, et promet de rendre encore des services signalés à la science. Les difficultés qui s'opposent à l'identification des formations ne sont pas moindres ici que sur le revers opposé. Les couches y sont tout aussi bouleversées et tourmentées et, ce qui en complique encore l'étude, c'est que les calcaires y

sont transformés en dolomies sur une bien plus grande échelle, en sorte qu'il est souvent impossible de les identifier, attendu que la structure de la roche est complètement altérée et que les fossiles sont à peu près étrangers à ces grands massifs ainsi modifiés.

Les terrains stratifiés acquièrent un grand développement au nord de Trieste, dans le plateau de Karst. Ils s'élèvent en même temps à une hauteur considérable dans la chaîne des Alpes Juliennes et dans les Karawanka, qui sont tout entiers formés de calcaire. Les montagnes calcaires qui forment le revêtement du massif des Alpes Carniques, aux sources de la Piave, sont à peine moins considérables. Enfin, nous avons déjà mentionné, sur le pourtour des Alpes Trentaises, les dolomies du val Fassa, devenues célèbres par les recherches de M. de Buch.

Le cours de l'Adige, qui est une limite si considérable sous le rapport orographique, détermine aussi un changement dans la distribution des terrains. La zone sédimentaire se trouve subitement réduite à la moitié de sa largeur. Les terrains jurassiques et liasiques surtout ne présentent plus, à l'O. de ce fleuve, qu'une zone étroite, tandis que les terrains triasiques acquièrent un développement prépondérant.

Mais pour être plus étroite, cette partie de la zone méridionale qui se trouve en deçà de l'Adige n'en est pas moins intéressante. Les vals Camonica, Seriana et Brembana sont autant de coupes qui traversent perpendiculairement la série des formations, depuis le verrucano jusqu'à l'éocène. Dans chacune de ces vallées, le trias joue le principal rôle sous la forme de conglomérats (verrucano équivalent du grès bigarré), de cargneule, de dolomie et de calcaires gris. Le lias y paraît sous la forme de calcaires noirs; enfin nous retrouvons au bord du lac d'Iseo le terrain oxfordien, le néocomien sous le nom de majolica et l'éocène sous la forme de grès de Sarnico.

La Brianza, entre les deux branches du lac de Côme, est aujourd'hui la partie la mieux connue des Alpes Lombardes, grâce aux soins des géologues milanais. Le trias n'y est plus aussi prédominant que dans les vallées ci-dessus. C'est le lias en revanche qui l'emporte de beaucoup. Le calcaire gris et

noir dont il se compose en grande partie et qui se voit sur les bords du lac, à Bellagio, passe insensiblement au calcaire roux (calcareo ammonitifero rosso) qui forme les derniers contreforts des montagnes et que l'on retrouve à Côme, à Erba, et tout le long des petits lacs de la Brianza. Ce calcaire est, sur nombre de points, riche en fossiles, spécialement en ammonites et en aptychus.

A l'O. de Côme, on voit de nouveau reparaître le calcaire jurassique (oxfordien) au-dessus du lias; il y atteint même un développement assez considérable spécialement sur la rive gauche du lac Majeur, mais il ne se prolonge pas au delà, ou s'il existe, ce n'est que par petits lambeaux isolés. A partir de la Sesia, ce sont les roches cristallines qui règnent d'une manière absolue. L'oolite supérieure paraît faire complètement défaut.

La série crétacée est bien moins importante que sur le revers nord; en Lombardie, elle n'est guère représentée que par la majolica qui paraît être l'équivalent du néocomien et qui repose directement sur l'oxfordien. Les grès verts et le gault n'ont pas encore été signalés. En revanche, il existe dans le Vicentin un calcaire à pâte fine souvent ferrugineux qui est connu sous le nom de *scaglia* et qui par ses fossiles est l'équivalent de la craie blanche. Il sert de base au terrain nummulitique qui est très-riche en beaux fossiles, particulièrement à Morte Bolca.

RAPPORTS DE LA GÉOLOGIE AVEC L'OROGRAPHIE.

Si les terrains cristallins ne formaient qu'une ou plusieurs grandes masses continues, comme on le supposait dans l'origine, les flancs de la chaîne seraient empreints d'une certaine uniformité qui n'existe pas. Les massifs ou noyaux cristallins ayant surgi comme des îles du milieu des terrains sédimentaires ambiants, il en résulte que ces derniers, bien qu'altérés

et métamorphosés, doivent avoir une autre allure que les terrains cristallins. Ils se maintiennent aussi d'ordinaire à des niveaux plus bas et ce n'est qu'exceptionnellement qu'ils ont été portés à la hauteur des terrains cristallins.

Cette disposition est de la plus haute importance pour l'intelligence de l'orographie des Alpes. Comme chaque massif cristallin représente un noyau allongé ou ellipsoïde et que le point culminant correspond en général au milieu du massif, il s'en suit que c'est aux intervalles des ellipsoïdes ou massifs cristallins que devront correspondre les dépressions de la chaîne alpine. C'est en effet là que se trouvent les cols et les principaux passages des Alpes, que l'on a recherchés et pratiqués partout où le noyau cristallin lui-même n'est pas entamé par des cluses transversales. Tels sont entre autres le col de Tende, le Mont-Cenis correspondant à la dépression entre les Alpes Cottiennes et les Alpes Grecques, le col du Bonhomme entre le Mont-Blanc et les Alpes Occidentales, le grand St-Bernard, le Luckmanier, le Bernardin, le Splugen, la Bernina, le Stelvio dans une certaine mesure, la Reschen-Scheideck et surtout le Brenner, la plus ancienne route des Alpes (voy. p. 29). Les cols des Alpes orientales sont tous à peu près dans les mêmes conditions, spécialement ceux qui traversent les Tauern, ainsi le col de Rauris. Plus loin la chaîne entière s'abaisse assez pour permettre des passages à peu près partout. L'orographie n'a plus ici la même importance.

En Suisse, il n'y a guère que deux passages qui ne suivent pas les zones ou dépressions des terrains sédimentaires: ce sont le St-Gothard et le Simplon. Mais il ne faut pas oublier que le motif du premier réside dans les deux cluses de la Reuss et du Tessin, qui sont assez rapprochées pour que le passage du massif médiocrement élevé du St-Gothard s'en trouve singulièrement facilité. Le col du Simplon, de son côté, traverse le massif cristallin du même nom près de son extrémité, là où il est très-étroit et déjà singulièrement abaissé; il ne tarde pas à gagner la vallée de la Diveria et delà le grand couloir du Val-Formazza auquel il ne manque que peu de chose pour être une cluse parfaite.

Vallées des Alpes.

A part les intervalles ou cols qui séparent les différents massifs, la chaîne des Alpes est sillonnée par une foule de couloirs et de vallées d'un caractère très-varié, qui tous servent de voies de communication. On peut les ramener à trois types. Ce sont ou des déchirures transversales *(cluses)* ou des ravins longitudinaux *(combes)* ou bien des dépressions longitudinales entre deux massifs *(maîts)*.

Cluses. Orographiquement les cluses se font remarquer par leur caractère sauvage, leurs parois abruptes, souvent très-rapprochées, de manière à rendre les passages très-difficiles. Les torrents y sont ordinairement très-impétueux et donnent lieu à de nombreuses cascades. Géologiquement elles sont caractérisées par la symétrie de leurs parois qui sont composées des mêmes roches des deux côtés. La vallée de la Reuss depuis Andermatt jusqu'à Flülen et même jusqu'à Brunnen est composée d'une série de cluses d'un caractère un peu différent suivant les roches. Dans le domaine du noyau cristallin, la cluse est plus étroite et plus accentuée, parce que la roche est plus dure. Dans le domaine du calcaire, la vallée s'élargit, mais elle n'en conserve pas moins son caractère spécifique qui consiste dans la symétrie de ses flancs.

Les cluses sont plus nombreuses dans les terrains stratifiés que dans les terrains cristallins, sans doute parce que les roches y sont moins résistantes. Nous citerons parmi les plus connues la vallée de l'Arve depuis les Ouches, la vallée du Rhône depuis Martigny (qui entame même l'extrémité des massifs cristallins du Mont-Blanc et des Aiguilles-Rouges), la vallée du Rhin depuis Coire, celle de la Salza à partir de Reinbach, celle de l'Ens inférieure et sur le revers méridional toutes les vallées qui vont rejoindre le Pô.

Les massifs cristallins sont bien moins sillonnés de coupures transversales. A part la cluse de la Reuss que nous avons mentionnée, nous ne trouvons guère à citer que la cluse du Tessin traversant le massif du Tessin, celui de la Dora Baltea traversant le massif des Alpes Grecques. Il n'y a que le mas-

sif des Alpes occidentales qui fasse exception; il est traversé par quatre cluses qui donnent chacune passage à une rivière et qui rivalisent entre elles par leur beauté sauvage ou pittoresque: ce sont les gorges de la Romanche, de l'Arc, de l'Isère et du Doron. Remarquons ici que nous n'avons affaire qu'à des cluses simples ne traversant chacune qu'un seul massif. C'est sans doute parce que le massif des Alpes Occidentales est étroit et isolé qu'il a été si facilement entamé. Du moment que plusieurs massifs sont en contact, les ruptures n'ont pu en faire façon. C'est pourquoi les Alpes Pennines ne sont traversées par aucune grande coupure. Les massifs des Alpes Noriques sont également trop larges pour qu'une crevasse ait pu les traverser de part en part.

Il importe ici de ne pas confondre avec les cluses, les ruptures partielles qui sont limitées à l'un des flancs d'une chaîne et dont le nombre est bien plus considérable. Comme elles coupent aussi les strates perpendiculairement, on conçoit que leur physionomie doit être à peu près la même. En effet, elles ne le cèdent ni en beauté ni en grandeur aux véritables cluses qui traversent les massifs de part en part, témoins les vallées de l'Ill, du Pô, de l'Aar, le Val-Formazza, le Val-Calanca, les vallées latérales du Valais. Ces vallées, que nous voudrions appeler des *semi-cluses* s'élargissent souvent à leur origine et donnent lieu à de grands amphithéâtres ou cirques qui constituent l'un des grands traits de l'orographie des Alpes. Tel est entre autres le cirque de la Bérarde. Lorsqu'ils sont assez élevés pour permettre à la neige de s'y conserver, ces cirques deviennent les réservoirs des grands glaciers (névé de Lauter-Aar, du Finster-Aar, d'Aletsch).

Combes. Les combes sont des ravins non moins pittoresques et souvent non moins accentués que les cluses, mais au lieu d'être perpendiculaires à la direction des massifs, elles sont au contraire parallèles à ces derniers. Il est rare de voir une dépression pareille au milieu des massifs cristallins. Nous n'en connaissons pas d'exemple, à part peut-être la vallée de l'Adda, du lac de Côme à Tirano, si tant est que ce soit réellement une combe. C'est surtout au contact des roches cristallines avec les roches sédimentaires qu'il faut chercher les combes.

D'ordinaire elles servent de lit à des rivières considérables qui recueillent les eaux de tous les ravins et semi-cluses qui descendent des massifs. Quelques-unes de ces vallées sont considérables, par ex. la vallée de l'Inn depuis le débouché de l'Engadine jusqu'à Inspruck; la vallée supérieure de la Salza, celle de la Drau. Le caractère de ces vallées doit être l'asymétrie: d'un côté des roches cristallines et de l'autre des roches stratifiées, qui souvent s'élèvent comme d'immenses remparts. Les mêmes accidents se reproduisent dans les Alpes Suisses. « Un voyageur, dit M. Studer ([1]), qui, poursuivant la limite septentrionale du massif du Finster-Aarhorn, se dirigerait par la vallée et le glacier de Lœtsch vers la vallée de Gastern, traverserait le glacier de Tschingel pour regagner le fond de la vallée de Lauterbrunnen, remonterait les hautes vallées qui séparent la Jungfrau du Silberhorn et le Mönch de l'Eiger, regagnerait ensuite le névé et le glacier inférieur de Grindelwald, escaladerait le Col d'Urbach par le glacier de Rosenlaui, descendrait dans la vallée d'Urbach jusqu'à Hof, remonterait ensuite la vallée de Gadmen, traverserait le glacier de Wenden, longeant ainsi la pente méridionale du Titlis, passerait dans la vallée de la Reuss et de là dans le Val Maderan pour regagner la limite orientale du massif cristallin du Finster-Aarhorn dans le voisinage du Tœdi, — ce voyageur aurait presque constamment à sa gauche des parois verticales de calcaire, souvent de plusieurs mille pieds de hauteur, et à sa droite le massif central, tantôt couronné de névé et de glaciers, tantôt revêtu de forêts et de pâturages et présentant rarement des abruptes infranchissables. Derrière cette première enceinte calcaire qui entoure le massif cristallin, comme les parois d'un cratère de soulèvement placées autour du cône central, on remarque fréquemment des traces d'un second et d'un troisième rempart, dont les couches présentent la même inclinaison, c.-à-d. offrent au massif cristallin leurs parois verticales et plongent en sens opposé. C'est à un rempart secondaire pareil qu'appartiennent les abrupts de la Gemmi; les bains de Louèche sont situés entre deux chaînes de sédiment. A l'extrémité orientale du massif du Mont-Blanc, de

([1]) Desor, *Nouvelles Excursions* p. 234.

Saillon à Sion, on compte quatre ou cinq chaînes parallèles de calcaire et de schiste, qui toutes ont leurs abrupts tournés vers le massif cristallin, tandis qu'ils présentent une pente douce à l'E. »

Les Alpes orientales nous offrent à leur tour plusieurs exemples frappants de combes ou ruptures longitudinales entre deux formations ou groupes de terrains stratifiés; tels sont entre autres, la pittoresque vallée de la Gail, la Drau dans son cours moyen à partir de Villach, le cours supérieur de la Save, le cours supérieur de l'Ens, l'Inn dans son cours moyen. On pourrait les appeler des *combes de second ordre*, réservant le nom de *combes de premier ordre* à celles qui sont comprises entre le noyau cristallin et le premier rempart. Le cours supérieur de la Salza est un bel exemple d'une combe de premier ordre.

Les *maîts* sont l'inverse des combes. Ce sont en principe des dépressions synclinales comprises entre deux voûtes ou deux massifs cristallins. Dans les Alpes, les roches de ces zones intermédiaires ont été tellement comprimées, qu'il est rare de trouver une maît synclinale régulière; les couches sont d'ordinaire verticales ou renversées, et ce n'est qu'à force de patience qu'on parvient à tracer les plis primitifs. Telle est la maît de Chamouni qui sépare le massif des Aiguilles Rouges de celui du Mont-Blanc, la maît de la vallée d'Urseren, celle du Val Bedretto entre le St-Gothard et le massif Tessinois, La maît de l'Engadine, quoique très-large, n'en est pas pour cela moins bouleversée. Dans certains cas, les dépressions des maîts sont dues en partie à la désintégration, surtout lorsqu'elles ne sont pas continues. Ainsi, la maît d'Urseren se relève tout en s'élargissant vers la Fourka, puis devient de nouveau très-profonde en Valais. Elle se relève de même du côté oriental, au col d'Ober-Alp, pour de là se continuer dans le Tavetsch. Et pourtant, c'est la même zone de schistes gris qui se continue depuis les Grisons jusqu'en Valais, tantôt donnant lieu à une vallée profonde (Urseren), tantôt se relevant en forme de col (Fourka et Ober-Alp).

Enfin il peut arriver qu'il n'existe plus ni synclinale, ni dépression, ni rien qui indique le pli primitif. Dans ce cas, la

maît n'est en quelque sorte plus qu'une maît idéale ; et cependant pour le géologue, elle a la même valeur que si elle était réelle. C'est le cas de ces lambeaux de calcaire et de schistes métamorphiques entre le massif du Valais et celui du Mont-Rose, qui non-seulement s'élèvent à de grandes hauteurs, mais forment même des arêtes colossales (Mont-Cervin).

Nous ne pouvons cependant passer sous silence une difficulté qui se présente quelquefois. En théorie, les vallées longitudinales devraient toujours être parallèles à la direction des couches; au lieu de cela elles les coupent assez fréquemment sous un angle aigu. C'est ce qui a lieu entre autres dans la vallée du Rhône, près de Saxon aussi bien que dans la vallée du Rhin. Dans ce cas, la vallée ne saurait être uniquement l'effet de l'érosion, surtout lorsque, au lieu de suivre les affleurements des schistes et roches tendres de la maît, elle s'en va entamer des couches plus dures à côté. On doit supposer, dans ce cas, une rupture préexistante qui a déterminé cette direction exceptionnelle.

La même distinction que nous avons admise à l'égard des vallées s'applique aussi aux lacs. Nous distinguons:

1° des *lacs de cluse.* Ce sont les plus pittoresques avec rives verticales et symétriques, tels sont le lac de Thoune, le lac d'Iseo, le lac de Côme, les lacs de Traun et d'Atter dans les Alpes du Salzkammergut, le Tegernsee dans les Alpes Bavaroises ;

2° des *lacs de combe.* Moins pittoresques que les précédents, ils se distinguent par l'asymétrie de leurs rives dont l'une est ordinairement abrupte tandis que l'autre s'élève sous forme de rampe plus ou moins inclinée; ex. les lacs de Wallenstadt et de Brienz dans une bonne partie de leur étendue ;

3° des *lacs de maîts.* Nous n'en connaissons de bons exemples que dans les petits lacs de la chaîne du Sentis, peut-être le Mond-See dans le Salzkammergut ;

4° des *lacs d'érosion.* Ils ne se trouvent que dans la zone extérieure des Alpes et ne paraissent pas se rattacher directement au soulèvement des Alpes. Ils sont plutôt le résultat d'érosions subséquentes survenues à la suite de quelques autres grands événements, peut-être l'extension des glaciers. Leurs rives ne

sont pas en général très-accidentées; exemples: les lacs de Constance, de Sempach, de Chiem, de Wurm;

5° des *lacs de moraines.* Les anciens glaciers, en se retirant, ont laissé à l'issue de bon nombre de vallées des moraines en forme de digues qui, en retenant les eaux prisonnières, ont occasionné un certain nombre de lacs ou bien ont agrandi des bassins préexistants. La plupart des lacs d'Italie doivent à ces barrières leur existence ou du moins leur forme et leur étendue actuelles. Tels sont les lacs d'Iseo, de Côme et de Lecco, et surtout le lac de Garde.

Il est un certain nombre de lacs, et dans ce nombre quelques-uns des plus remarquables, qui réunissent plusieurs types. Ainsi le lac des Quatre-Cantons est lac de cluse de Fluelen à Brunnen, lac de maît de Brunnen à Bürgen et lac d'érosion dans la branche de Lucerne. Le lac de Genève est lac de cluse dans sa partie supérieure, lac d'érosion de Lausanne à Genève; le lac Majeur est alternativement lac de cluse et lac de maît.

Il existe enfin de petits lacs au sommet de la plupart des cols des Alpes (au St-Gothard, au St-Bernard, au Grimsel, col de Reschen etc.), ce ne sont que des dépressions accidentelles ou de légères ondulations du sol remplies d'eau.

RÉSUMÉ DE L'HISTOIRE DU SOL ALPIN.

L'histoire du sol alpin n'est pas seulement celle de ses montagnes. Bien avant que la chaîne alpine surgît, ce sol avait été le théâtre d'événements considérables qui lui ont été communs avec le reste de notre hémisphère. Des créations diverses de plantes et d'animaux s'y étaient succédées. Tantôt envahi par les eaux de la mer, tantôt couvert de marais et de savannes qui ont laissé les débris de leur végétation sur nombre de points, puis de nouveau conquis par la mer, le sol des Alpes a vu, non pas seulement des générations sans nombre, mais même des faunes et des flores entières se succéder et réaliser, en se modifiant, le progrès dont étaient susceptibles

les formes organiques de ces temps reculés. A ce point de vue, on peut diviser l'histoire du sol alpin en deux grandes phases, l'une antérieure, l'autre postérieure au soulèvement.

Période antérieure au soulèvement.

Cette période est de beaucoup la plus longue et la plus riche en événements géologiques. Sans remonter aux époques obscures où l'eau n'existait pas à l'état liquide, ni même à celle où les eaux de l'Océan étaient encore désertes (période azoïque), nous trouvons dans le domaine des Alpes des traces évidentes des plus anciennes formations fossilifères, témoins les dépôts siluriens des environs de Grætz. Il est vrai qu'ils ne couvrent encore que peu d'espace sur nos cartes. Mais comme il ne serait pas rationnel de supposer que ces formations, généralement très-répandues, manquent précisément au centre de la chaîne, on est naturellement conduit à se demander si certaines roches altérées que l'on désigne sous le nom de *roches métamorphiques*, ne sont pas les représentants modifiés de ces mêmes terrains. Ce qui semblerait l'indiquer, c'est que ces terrains sont surtout fréquents dans la partie centrale des Alpes, là où les transformations se sont opérées sur la plus grande échelle. Tels sont, par exemple, les schistes talqueux, les schistes amphiboliques, les schistes verts de M. Studer, peut-être même une partie des schistes gris. Il sera difficile, sinon impossible, de déterminer jamais le niveau géologique exact de la plupart de ces roches, vu leur état d'altération et l'absence de fossiles, ou même de faire la part des terrains paléozoïques anciens et des terrains azoïques. Ces derniers seront nécessairement les plus inférieurs et, suivant que l'on sera plus ou moins partisan du métamorphisme, on y rangera peut-être les schistes micacés, les gneiss, voire même les granits gneissiques et peut-être les protogines du Mont-Blanc. Ce qui nous importe, c'est de constater que le sol alpin a été témoin des premières évolutions de la vie, alors que les mers silurienne et dévonienne recouvraient à peu près toute la surface du globe.

Cette première phase de l'histoire paléozoïque a été interrompue par un grand événement, auquel le sol alpin a participé dans une large mesure. Les anciennes mers ont fait temporairement place à de vastes marécages, dont les dépouilles se sont conservées sous la forme de bancs de houille qui existent sur divers points des Alpes, spécialement dans les maîts extérieures. Un changement pareil n'a pas pu s'opérer sans occasionner des mouvements de bascule considérables dans l'écorce du globe; il a fallu que le fond de la mer, naguère parsemé de polypes, d'échinodermes et de brachiopodes siluriens et dévoniens, s'exhaussât pour donner lieu à cette végétation terrestre qui a fourni la matière de la houille. Cet état de choses, bien que très-long, comparativement à nos époques historiques, ne fut cependant que passager. La mer revint avec son cortége d'animaux d'espèces analogues ou même identiques, prendre de nouveau possession du sol houiller et paraît s'y être maintenue sans grande perturbation, pendant une longue série de siècles, peut-être jusqu'à la période triasique. En revanche, la fin de cette période paraît avoir été marquée par de nouvelles perturbations, comme l'attestent les discordances de stratification que M. Lory a signalées dans la vallée de l'Olle, entre les chaînes de Belledone et des Rousses, où le lias repose en stratification discordante sur le gneiss ([1]). C'est peut-être aussi de cette époque que date le grand soulèvement circulaire qui, suivant M. Studer, aurait affecté toute la partie occidentale de la chaîne alpine, depuis les Alpes Liguriennes jusqu'au massif d'Adula et dont on trouve des indices dans la direction très-différente des strates des différents massifs ([2]). Enfin, il faut admettre qu'une partie notable des Alpes orientales a été exondée dès cette époque, puisque nous avons vu que dans le massif carinthien, la mollasse repose sans intermédiaire sur les schistes cristallins. Ce soulèvement antéliasique aurait ainsi mis à sec une partie notable du sol alpin, qui paraît avoir persisté dans cet état, sans modifications bien marquées, pendant toute la durée de la période jurassique et crétacée jusqu'à l'époque tertiaire.

([1]) Lory *Description géologique du Dauphiné*, I p., pl. I, fig. 3.
([2]) Studer *Physikalische Geographie*, II, p. 232.

Vers le milieu de cette période, le sol des régions voisines qui avait été continent depuis l'époque du lias, subit une dépression notable, qui permit à la mer miocène d'envahir toute la plaine suisse et d'y déposer les mollasses et les conglomérats qui forment aujourd'hui la bordure extérieure des Alpes. Le commencement de cette époque paraît avoir eu des phases assez agitées, s'il faut en juger par la grosseur des cailloux qui composent les conglomérats. Peu à peu les conditions nouvelles se régularisèrent; les eaux marines alternèrent plusieurs fois avec des eaux douces, mais sans occasionner de changements notables ni dans la flore, ni dans la faune, ni dans le climat de l'époque, qui paraît avoir été un peu plus chaud que celui de nos jours, correspondant à peu près à celui de l'Italie actuelle.

Ce fut alors que survint le plus grand événement dont notre hémisphère ait été témoin, le soulèvement de la chaîne des Alpes.

Période postérieure au soulèvement.

Nous n'avons pas à rechercher ici quelles sont les causes qui ont déterminé cette grande catastrophe qui s'est terminée par le soulèvement de la chaîne alpine. Un ridement pareil accompagné de ruptures et de bouleversements, comme ceux que nous avons signalés, n'a pu s'accomplir sans occasionner des perturbations notables dans toute l'économie animale et végétale de l'époque. On comprend que la théorie qui envisageait le soulèvement des montagnes comme intimément lié à la disparition des créations successives, en ait surtout appelé à la chaîne alpine, qui a en effet exercé une influence considérable sur les destinées de notre continent. Si la création tout entière n'a pas été détruite par cette grande catastrophe, il est certain du moins que pour le centre et le Nord de l'Europe, elle a été le signal d'un changement considérable dans la distribution des terres et des eaux, et par conséquent dans les conditions générales d'existence; elle a été la cause du retrait des mers molassiques sur les deux versants de la chaîne et

marque ainsi pour nous la fin non seulement de l'époque miocène mais aussi de la période tertiaire ([1]).

Depuis lors, le sol alpin est resté à peu près stable, ([2]) n'ayant plus subi ni exhaussement ni affaissement de quelque importance. Mais il n'a pas pour cela été à l'abri de toute crise. La plus extraordinaire de toutes lui était encore réservée, nous voulons parler de l'extension des anciens glaciers. Il est difficile de dire combien de temps s'était écoulé depuis le soulèvement des Alpes jusqu'au moment où leurs flancs se sont couverts de glace, de manière à envahir toutes les vallées intérieures et même la plaine suisse jusqu'au Jura. Il est possible que cet envahissement extraordinaire des glaces ait été provoqué par le soulèvement même des Alpes; du moins ne connaissons-nous aucun phénomène (dans le domaine des Alpes) qui indique une période intermédiaire entre ces deux grands événements ([3]). Ce qui est certain, c'est qu'il est postérieur, ainsi que l'attestent les polis des glaciers, les blocs qu'ils ont transportés et surtout les stries et les sillons qu'ils ont tracés sur les parois des vallées et qui se sont conservés en place jusqu'à nos jours. Nous n'avons pas à nous occuper ici des détails du phénomène glaciaire, ni de ses causes, ni de sa durée, ni de son étendue, ces questions étant trop importantes pour pouvoir être traitées incidemment.

Un événement aussi considérable a dû réagir au loin, surtout s'il est vrai, comme tout semble l'indiquer, qu'une extension semblable des glaces avait lieu simultanément dans la partie boréale de notre hémisphère. Le climat a dû s'en ressentir, ainsi que la faune et la flore, non seulement dans l'in-

([1]) On a parlé pendant longtemps d'un second soulèvement, celui des Alpes centrales qui aurait redressé l'alluvion ancienne dans les Alpes françaises, le long de la Durance. Nous avons montré, dans une autre communication (voir le Bulletin de la société des sciences naturelles de Neuchâtel, tom. 5, p. 58), que ce prétendu second soulèvement repose sur une fausse détermination de terrain.

([2]) L'opinion de M. de Charpentier qui supposait que les Alpes, à leur naissance, étaient plus élevées et qu'elles se sont tassées successivement, a été abandonnée par son auteur lui-même.

([3]) L'alluvion ancienne que l'on place quelquefois entre les deux n'est qu'une partie du phénomène glaciaire.

térieur des Alpes où toute vie était probablement suspendue, mais aussi au loin, dans les plaines qui viennent aboutir à la grande chaîne. Que se passait-il ailleurs, dans les zones équatoriales, pendant que nos zones tempérées subissaient l'influence des glaces séculaires? C'est ce qu'il serait intéressant de rechercher. Il est probable qu'au seuil des Alpes et dans leur intérieur, la vie n'a reparu qu'après le retrait des grandes glaces. C'est à partir de ce moment, que commence pour nous la période quaternaire avec son cortége d'animaux et de plantes qui constituent la faune et la flore actuelles rehaussées de quelques types qui ont disparu depuis, mais dont les squelettes sont enfouis dans les graviers superficiels, entre autres le mamouth.

Il n'est pas démontré que l'homme ait fait son apparition dès le début de cette période, comme en général rien ne prouve que tous les animaux et toutes les plantes soient apparus simultanément. La faune des Alpes nous fournit plutôt des indices du contraire. Ainsi, il est évident que lorsque les glaciers s'étendaient, d'une part, jusqu'au Jura et d'autre part jusqu'à l'issue des grandes vallées dans la plaine Lombarde, les lacs alpins n'existaient pas; l'eau n'a pu s'y accumuler qu'à mesure que la glace qui les comblait se retirait; les coquilles, les insectes et les poissons qui les habitent de nos jours ne s'y sont par conséquent montrés qu'à une époque relativement tardive. Or, dans le nombre, il s'en trouve qui sont propres aux lacs des Alpes et qui par conséquent n'ont pu venir d'ailleurs (par exemple l'Ide). Ceux là doivent nécessairement être le produit d'une création subséquente, à moins qu'on ne les envisage comme des types modifiés pendant une longue série de siècles, sous l'influence de conditions d'existence particulières propres aux lacs des Alpes.

UN MOT SUR LA CARTE.

La carte ci-contre n'a pas la prétention d'offrir une image fidèle de la topographie des Alpes; elle a pour but principal de montrer la distribution des grands massifs cristallins et leurs rapports avec les dépôts sédimentaires. Quant à ces derniers, on s'est borné aux principales divisions, savoir la série paléozoïque, la série secondaire et la série tertiaire. Cette dernière cependant a pu être indiquée par deux teintes différentes, représentant, l'une, la formation éocène, l'autre, la formation miocène. Les dépôts quaternaires ou diluviens sont en blanc. La formation crétacée n'occupe pas en général des surfaces assez étendues pour pouvoir figurer avec avantage sur une carte de cette dimension. Il y aurait plutôt lieu de distinguer les formations triasique, liasique et oolitique, et nous l'eussions fait, si les limites entre le terrain triasique et le lias n'étaient pas si contestées précisément là où ces terrains sont le plus développés, c'est-à-dire dans les Alpes orientales.

Si, à l'exemple de MM. Studer et Escher, nous n'avons pas distingué de formation azoïque, ce n'est pas que nous contestions sa présence dans les Alpes; bon nombre de terrains qui figurent ici comme cristallins et qu'à ce titre on présume être d'origine ignée ne sont peut-être en réalité que des roches sédimentaires modifiées, entre autres les schistes micacés, les schistes talqueux, les gneiss et peut-être même certaines protogines. Mais une fois entré dans cette voie, où s'arrêter? Il est évident qu'aussi longtemps que le grand problème du métamorphisme ne sera pas résolu, la délimitation des roches cristallines dans les Alpes sera toujours plus ou moins arbitraire. En attendant, les roches cristallines n'en ont pas moins, comme telles, une physionomie particulière, qui se reflète plus ou moins dans la forme et les contours des montagnes. Ce sont elles qui forment la charpente, ou, si l'on veut, le squelette des Alpes, et, à ce titre, elles méritent une

attention toute spéciale, non-seulement de la part du géologue, mais aussi de la part du géographe.

Nous avons réuni sous une même teinte la protogine, le granit gneissique, le gneiss, le schiste micacé et le schiste talqueux, à cause des nombreux passages qui existent entre ces différentes formes. Le granit massif, d'apparence plus éruptive, comme celui de la Bernina, du mont Adamello, de Baveno, se trouve indiqué par une teinte plus foncée. On a également désigné d'une manière spéciale les porphyres et les mélaphyres, à cause de leur structure tout-à-fait particulière qui implique une origine exceptionnelle.

Les roches amphiboliques nous ont paru par la même raison mériter un signe à part. Bien que douées d'une cristallisation plus ou moins parfaite, leur rôle et leur distribution au milieu de certains grands massifs de montagnes ne laissent pas que de soulever de sérieux doutes sur leur origine éruptive, surtout si l'on considère leur liaison avec certaines autres roches évidemment sédimentaires, entre autres les calcaires cristallins et les serpentines.

Les schistes gris et verts de M. Studer ont été rapportés à la série paléozoïque, non pas que leur âge soit partout démontré ou démontrable, mais à cause de leur position et de leur structure qui, en dépit de profondes altérations, indique cependant une origine sédimentaire. En Suisse, ils forment la grande masse des terrains paléozoïques et il est permis de supposer qu'ils n'y représentent pas seulement la formation carbonifère, mais aussi les dépôts plus anciens des formations silurienne et divonnienne, dont il existe des lambeaux distincts dans les Alpes autrichiennes.

Les massifs cristallins des Alpes sont indiqués par des chiffres romains.

Indication des massifs cristallins.

I.	Massif Ligurien.
II.	» des Alpes Maritimes.
III.	» des Alpes Cottiennes.
IV.	» des Alpes Grecques.
V.	» de l'Oisans ou du Pelvoux.
VI.	» des Rousses.
VII.	» des Alpes occidentales.
VIII.	» du Mont-Blanc.
IX.	» des Aiguilles Rouges.
X.	» du Valais.
XI.	» du Simplon.
XII.	» du Tessin.
XIII.	» du Finster-Aarhorn.
XIV.	» du Saint-Gothard.
XV.	» du Mont-Rose.
XVI.	» d'Adula.
XVII.	» de Sureta.
XVIII.	» des Quatre-Lacs.
XIX.	» de Bernina.
XX.	» d'Adamello.
XXI.	» du Monte Castello.
XXII.	» de Selvretta.
XXIII.	» de l'Œtzthal.
XXIV.	» de l'Ortles.
XXV.	» des Alpes Trentaises.
XXVI.	» des Tauern.
XXVII.	» de l'Ankogel.
XXVIII.	» de la Drau.
XXIX.	» des Alpes Carniques.
XXX.	» des Alpes Styriennes.
XXXI.	» du Gurk.
XXXII.	» des Alpes Carinthiennes.
XXXIII.	» du Bacherwald.
XXXIV.	» du Sommering ou des Alpes de Fischbach.


Alpes